12

Elettrificazione

rivista generale
delle applicazioni
dell'energia elettrica

Marelli

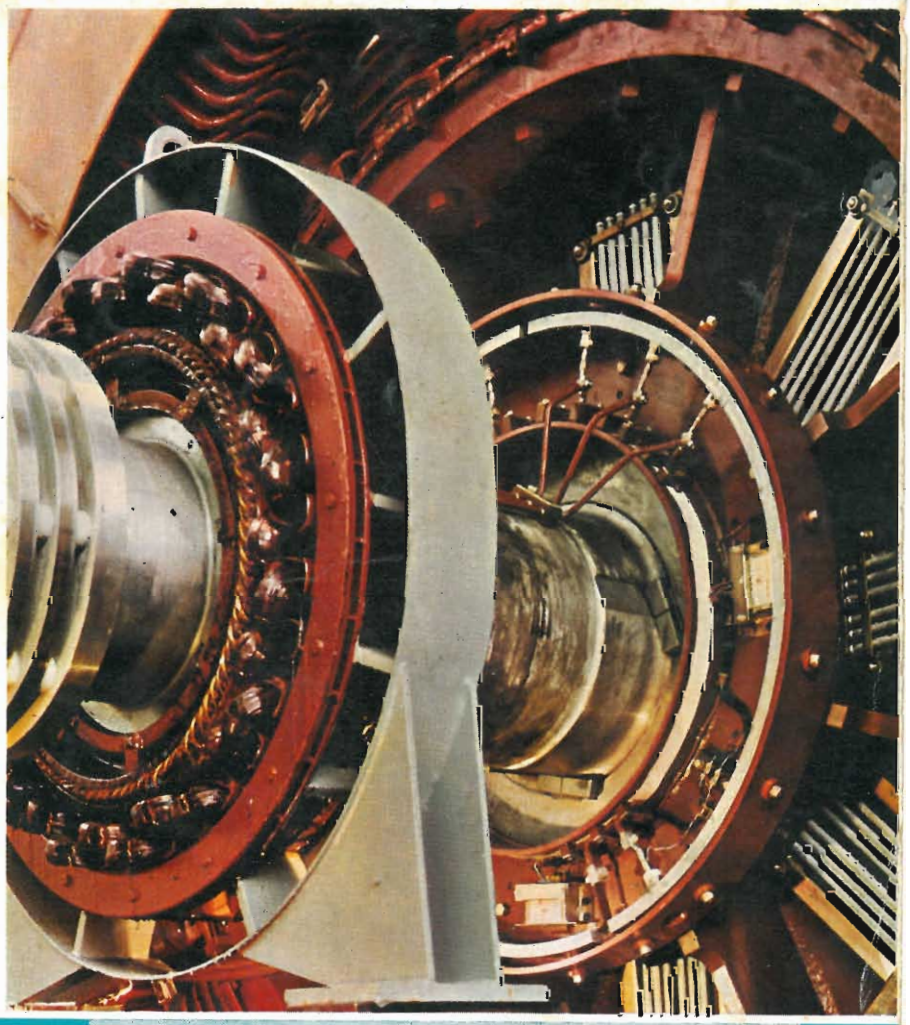
ERCOLE MARELLI & C. - S. p. A.
MILANO

*Motore sincrono da 11000 CV
6 kV - 24 poli
realizzato con eccitazione Brushless,
e destinato agli stabilimenti
petrolchimici di Nera Montoro
della Soc. Terni.*

*Questo impianto progettato
dalla Foster Weeker italiana,
è destinato alla produzione
di 250 t al giorno di ammoniaca.*

*L'impianto riveste
un particolare interesse tecnico
poichè è il primo di questo tipo
installato in Italia
e uno dei pochi in Europa.*

*Il motore di azionamento
che sarà fornito dalla Ercole Marelli
è il più grande di tipo Brushless
finora realizzato in Europa.*

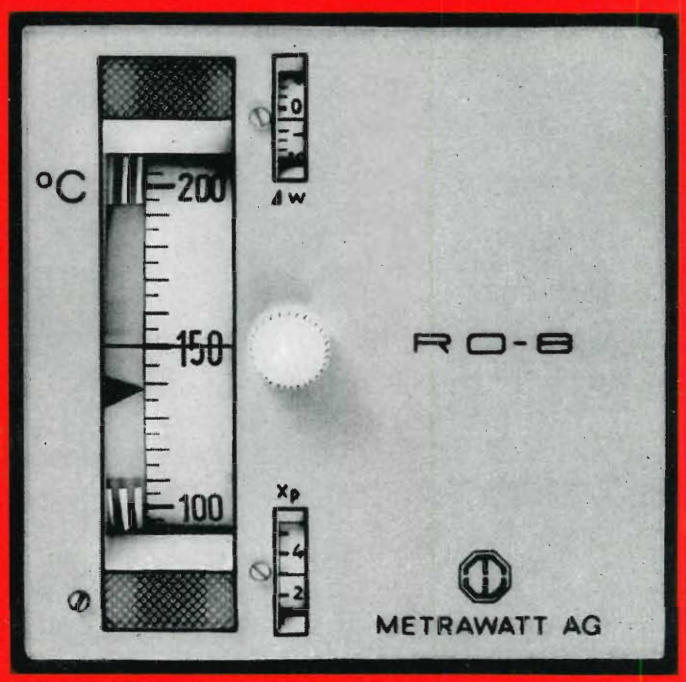


numero 12 - dicembre 1970
pubblicazione mensile - prezzo lire 700
editoriale delfino - milano

METRAWATT A.G. - NORIMBERGA

REGOLATORE DI TEMPERATURA
"seconda generazione"

- *funzionamento elettronico*
- *indicazione del valore reale direttamente in °C su ampia scala, a tamburo, lunga 200 mm*
- *retroazione regolabile in modo continuo su apposita scala*
- *con o senza secondo punto d'intervento predisponibile in modo continuo per valori corrispondenti al ± 10% dal primo punto d'intervento*
- *dimensioni ridotte 96 × 96 mm*

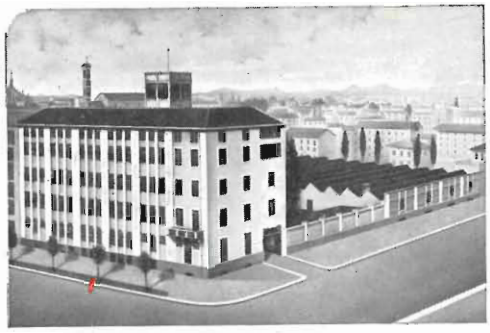


METRAWATT AKTIENGESELLSCHAFT
GOERZ ELECTRO

METRAWATT ITALIANA S.p.A.

39100 BOLZANO
VIA VANGA, 41 - TEL. 26.452
TELEX 40020 VOLTA BZ

20158 MILANO
VIA LIVIGNO, 6 - TEL. 676.850
TELEX 34158 VOLTA MI



Ing. S. & Dr. GUIDO
BELOTTI
PIAZZA TRENTO 8
20135 MILANO

Posta : 20135 - MILANO
Telefoni : 54.20.51 (5 linee)
(Prefisso 02) **54.33.51** (5 linee)
Telex : 32481 BELOTTI
Telegrammi: INGBELOTTI - MILANO

C.P.
GENOVA - VIA G. D'ANNUNZIO 1/7 - TEL. 5.23.09 - **16121**
ROMA - VIA LAZIO 6 - TELEFONI 46.00.53/4 - **00187**
NAPOLI - VIA CERVANTES 55/14 - TEL. 32.32.79 - **80133**

Fig. 2 - Misuratore di isolamento tascabile Cat. No. 70053

Fig. 3 - Misuratore isolamento a più portate Cat. No. 70154

Fig. 4 - Misuratore di grandi isolamenti Cat. No. 35211

MISURATORI DI ISOLAMENTO E DI TERRA

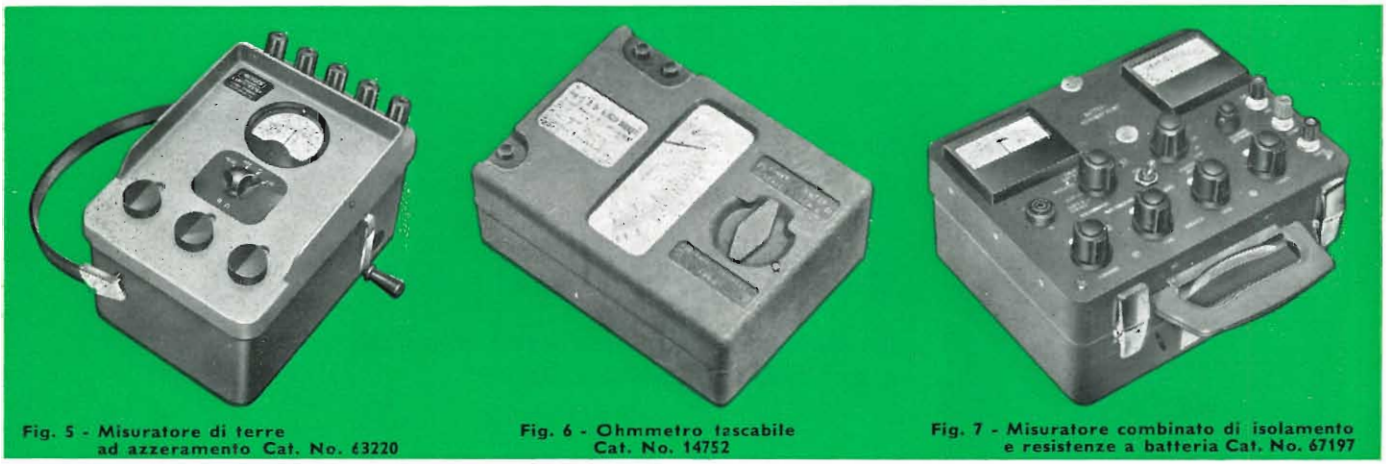


Fig. 5 - Misuratore di terre ad azzeramento Cat. No. 63220

Fig. 6 - Ohmmetro tascabile Cat. No. 14752

Fig. 7 - Misuratore combinato di isolamento e resistenze a batteria Cat. No. 67197

MEGGER®

Fig. 8 - Megaohmmetro portatile MEGGER® Cat. No. 40100

Fig. 9 - Misuratore combinato di isolamento e resistenze a manovella Cat. No. 67102/3/4

Fig. 10 - Voltmetro amperometro registratore portatile

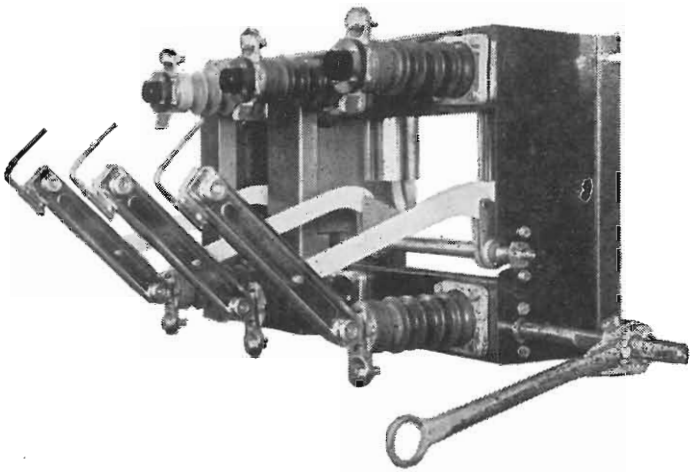
:: Laboratori per riparazioni e ritarature strumenti elettrici di misura ::

INTERRUTTORI DI MANOVRA - SEZIONATORI
10-15-20-30 KV

SCR -

Esecuzioni:

a) sezionatore normale
b) con coltelli di messa a terra
c) con valvole ad alta capacità di rottura
d) con coltelli di messa a terra e valvole ad alta capacità di rottura
e) con resistenze di inserzione per banchi capacitivi
f) con isolatori in porcellana od in quarzo - resina epossidica



Comandi:

- manuali
- elettrici
- pneumatici

Prove CESI

con -cos φ inferiore 0,1 : 830 A - 17400 V

Interruttori automatici e semplici da 15 a 6000 A — Commutatori automatici e semplici — Teleruttori — Telesalvamotori — Teleinvertitori — Teleavviatori a stella triangolo — Teleavviatori a resistenze — Sezionatori normali AT — Quadri di comando e manovra AT e BT — Cabine prefabbricate AT per interno ed esterno — Banchi di comando e controllo — Valvole ad alta capacità di rottura

ELETTROMECCANICA "DUE STELLE,,

di BORGHI & FERRAZZI

21053 - CASTELLANZA - Via Sanguinola, 1-3 - Tel. 48.614 - 45.256
C.P. 82

Sicurezza del servizio

mediante sorveglianza automatica della velocità e del movimento con i nostri

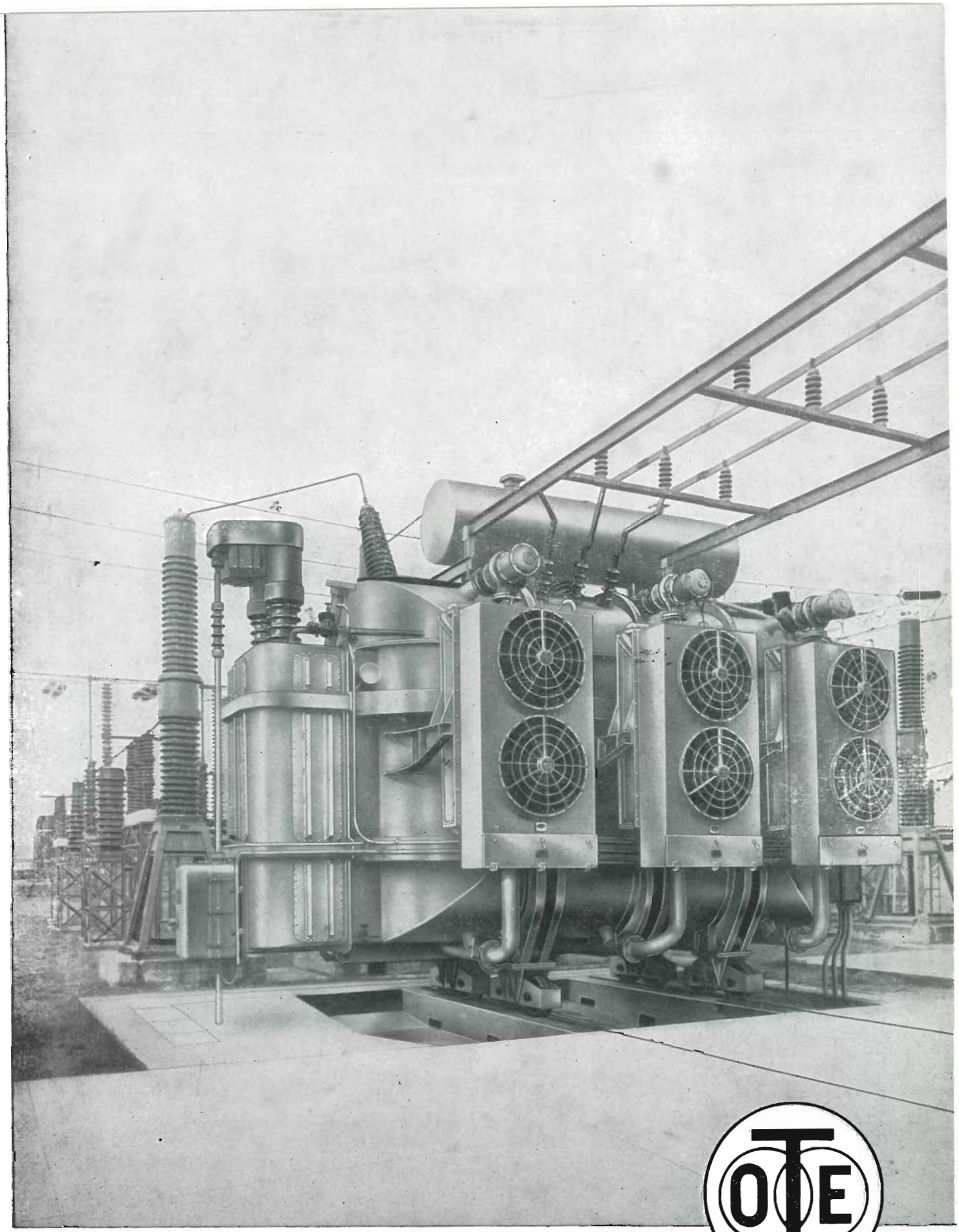
Controlla giri

meccanici ed elettronici

Gru e ascensori	— limitazione della velocità di discesa
Scale mobili	— controllo di sovravelocità, blocco del movimento inverso, controllo della velocità del corrimano
Nastri trasportatori	— controllo dell'arresto e dello slittamento
Centrifughe e presse	— disinserzione della frenatura in controcorrente. Controllo dell'afflusso del materiale
Trafilatrici e Cordatrici ecc., ecc.	— sorveglianza della rottura dei fili

KIEPE ELECTRIC

KIEPE ELECTRIC S.p.A. - 20132 Milano
Via Anacreonte, 7 - tel. 2899742/2895979 - telex 32446



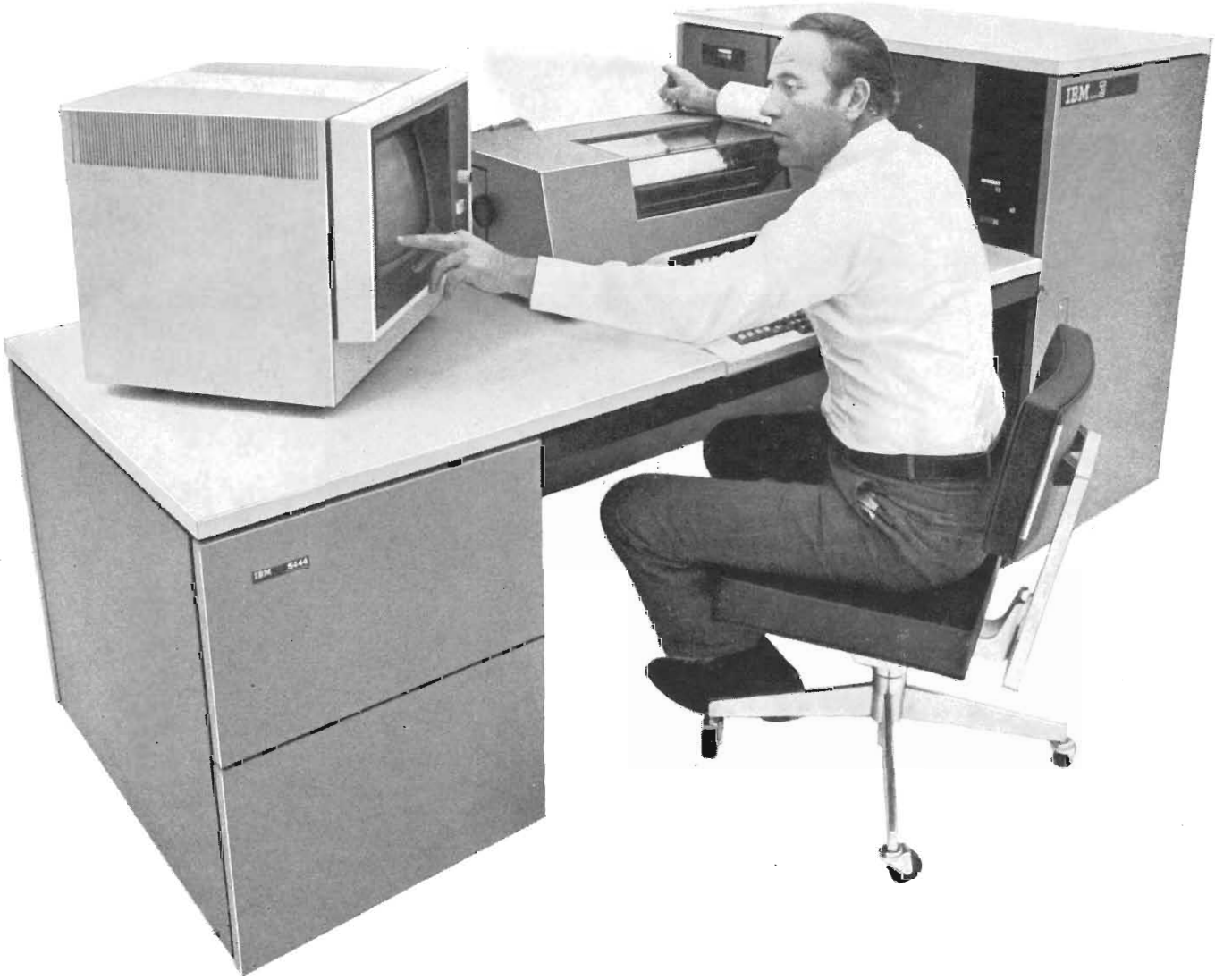
MVA 40 / 40 / 40 KVolt.127-122-117/23,7 ± 6 × 0,36/14,4

OFFICINE TRASFORMATORI ELETTRICI - BERGAMO

56, Via Bianzana Telefono; 247247 Telegrafo: Trifase Bergamo

OTE/PREVITALI N. 587

L'elaboratore "personale"



Sistema/3 Modello 6: un nuovo elaboratore a dischi magnetici che vi permette di risolvere direttamente i vostri problemi.

Trovare il tempo. E' il primo problema che dovete affrontare per risolvere i vostri problemi. Ed è proprio per questo che la IBM ha progettato il Sistema/3 Modello 6, un elaboratore elettronico di piccole dimensioni, ma abbastanza grande per risolvere problemi complessi. E abbastanza semplice per essere usato da voi stessi: con il linguaggio di programmazione BASIC potete infatti operare direttamente sul Modello 6.

Ciò significa che non dovete riempire moduli, perforare schede, inviare fogli di programmazione e attendere il ritorno dei risultati.

Lavorare « personalmente » con l'elaboratore elimina anche le perdite di tempo dovute alla correzione di eventuali errori. E, proprio per rendere sempre più veloce il vostro lavoro, il Modello 6 è stato progettato per l'installazione in uffici di media grandezza. A pochi passi dalla scrivania, a portata di mano come una calcolatrice, o il vostro regolo.

Il Modello 6, in piú, è veloce: stampa i risultati a 85 caratteri al secondo o, se vi occorrono ancor piú in fretta, li visualizza sullo schermo di una unità video.

Ma la cosa piú importante è che, una volta impostato il problema, il Modello 6 è in grado di eseguire automaticamente i calcoli tutte le volte che è necessario, introducendo ogni volta le variabili da voi desiderate. Vi permette cosí di arrivare alla soluzione ottimale in un'unica operazione continua.

E le soluzioni possono essere presentate nella forma che preferite: descrittiva, grafica o in tabella.

Per queste sue caratteristiche il Sistema/3 Modello 6 è uno strumento ideale per risolvere problemi complessi, e per risolverli « personalmente ».

In un'azienda commerciale o industriale può essere utile per effettuare una veloce analisi delle vendite mensili, per determinare la strategia di prezzo di nuovi prodotti, per risolvere problemi di strutture organizzative ed altro ancora.

In uno studio tecnico può essere utilizzato dagli ingegneri per effettuare calcoli di ogni genere, sostituendo con nuove possibilità gli abituali strumenti di lavoro.

In un istituto professionale può servire per l'addestramento degli allievi, per elaborare statistiche, compilare orari e cosí via.

In un'azienda di trasporto, o in un'agenzia turistica, per determinare gli itinerari e controllare le prenotazioni.

In un'impresa immobiliare per classificare le disponibilità e correlarle alle richieste.

In un magazzino all'ingrosso per gestire l'inventario e gli ordini della clientela.

E questi sono solo alcuni esempi di come potete utilizzare il Sistema/3 Modello 6.

Per saperne di piú, telefonate alla piú vicina filiale IBM e chiedete notizie del Sistema/3 Modello 6, l'elaboratore « personale ».

IBM

IBM Italia

Il Modello 6, come i precedenti modelli del Sistema/3, è costruito a Vimercate, nello stabilimento della IBM Italia.

Per i tecnici che si occupano di automazione e di telecomunicazioni

FRANCESCO LUCANTONIO

Teoria e tecnica dei circuiti di commutazione telefonici

II EDIZIONE

Volume in 8°; 560 + XVI pagine, con oltre 450 illustrazioni nel testo e nelle tabelle: 32 tabelle; rilegato . . . . . **L. 7.000**

Generalità sui circuiti di commutazione - Relè elettromagnetici - Elementi della teoria algebrica dei circuiti di relè - Codici e circuiti di commutazione - Configurazione delle reti - Circuiti di commutazione manuale - Selettori elettromeccanici - Circuiti di commutazione automatica a 2 fili - Tecnica della segnalazione nelle reti - Circuiti di commutazione automatica a 4 fili - Proporzionamento dei circuiti di commutazione - Elementi per l'introduzione della tecnica elettronica nei circuiti di commutazione.

MARIO GANDAIS - ANTONIO SANNERIS

Principi di traffico telefonico

Realizzato in due volumi di cui uno dedicato alla trattazione generale (XVI + 620 pag. - 333 illustrazioni - 22 tabelle - 4 tavole fuori testo); ed uno riservato alle tabelle ed alle curve operative (214 pag. - 74 illustrazioni - 3 tavole fuori testo) **L. 14.000**

Teoria del fascio perfetto - Problemi di congestione nei sistemi a chiamate perdute e nei sistemi con attesa - Ripartizioni - Ripartizioni omogenee - Doppio stadio di selezione o di ricerca - Istradamento deviato del traffico, valutazione del traffico di trabocco, coefficienti di interesse - Problemi di congestione nei sistemi utilizzanti collegamenti interstadio - Traffico interurbano istradato mediante operatrice - Misure del traffico smaltito, durata di occupazione - Misure di congestione - Impianti ed apparecchi per la misura del traffico, controllo del grado di perdita globale - Progetto di centrali automatiche - Applicazione dei metodi di calcolo del numero di selettori per centrali di una tipica rete policentrica; sistemi a comando diretto - Applicazione dei metodi di calcolo dei selettori per centrali a registro, sistema Ericsson - Appendice automatica.

CARLO BORGONOVO

REGOLAZIONE AUTOMATICA

Teoria e criteri di applicazione - Note sui servomeccanismi **L. 2000**

Parte I - Introduzione allo studio della regolazione automatica.

Parte II - La matematica utilizzata nella teoria della regolazione automatica.

Parte III - La teoria della regolazione automatica: la dinamica dei sistemi interpretata mediante la funzione di trasferimento.

Parte IV - La teoria della regolazione automatica. I sistemi asserviti.

Parte V - Applicazioni pratiche della teoria della regolazione automatica. I servomeccanismi.

Richiedeteli ai migliori librai o direttamente a:

EDITORIALE DELFINO - 20135 MILANO - **Via Simone d'Orsenigo 25/27**

NATIONAL

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS, LTD. - JAPAN

PREZZI DI ALCUNI TIPI PER ORDINAZIONI DI 1000 PEZZI

MICROINTERUTTORI

TIPO **AM 6220**
Prezzo **L. 280**

TIPO **AM 6226**
Prezzo **L. 450**

TIPO **AM 37000**
Prezzo **L. 250**

TIPO **AM 37166**
Prezzo **L. 360**

TIPO **AM 1501**
Prezzo **L. 610**

TIPO **AM 1504**
Prezzo **L. 665**

FINECORSA STAGNI ALL'OLIO

TIPO **AZ 7140**
Prezzo **L. 1.530**

TIPO **AZ 7141**
Prezzo **L. 1.685**

TIPO **AZ 6101**
Prezzo **L. 2.350**

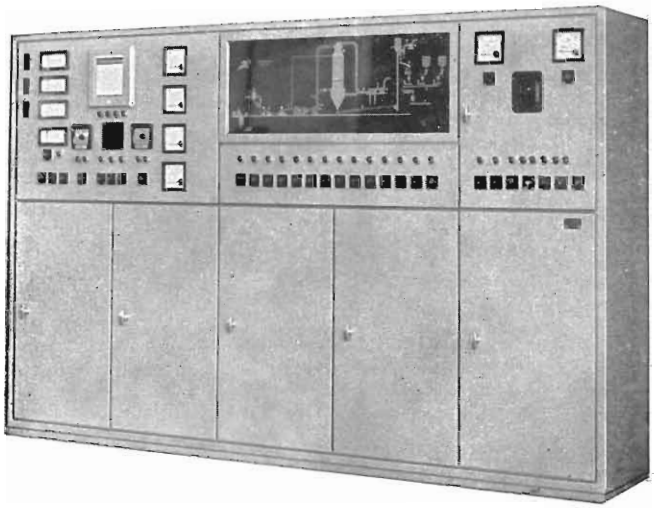
TIPO **AZ 6104**
Prezzo **L. 3.470**

RAPPRESENTANTE GENERALE CON DEPOSITO

ELETTROCONTROLLI ITALIA - 40126 BOLOGNA

VIA DEL BORGO 139a - TELEFONI 265.818 - 279.460

Richieteci il catalogo National, Vi sarà inviato gratuitamente



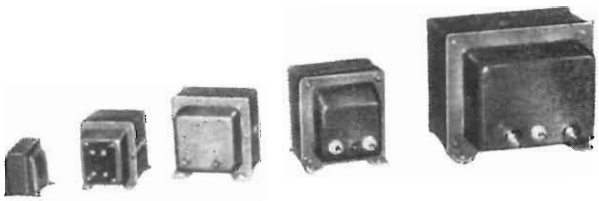
IMPIANTI ELETTRICI
DOTT. ING. G. ZAMPERETTI

Uffici: Viale B. D'Este 20 - MILANO - Tel. 542.472 - 580.508
Stab.: Via Carlo Goldoni - TREZZANO s/N - Tel. 445.1661

- QUADRI E BANCHI SINOTTICI LUMINOSI
- QUADRI DI CONTROLLO E REGOLAZIONE
- QUADRI ED IMPIANTI ELETTRO-PNEUMATICI
- QUADRI DI POTENZA B.T. E M.T.
- CABINE DI TRASFORMAZIONE
- IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI

MILANO 010 ALBIQUAL

TRASFORMATORI
AUTOTRASFORMATORI



STABILIZZATORI AUTOMATICI DI POTENZA
REGOLATORI DI TENSIONE DI POTENZA
MONOFASI - TRIFASI - TRIMONOFASI
PER OGNI APPLICAZIONE
REATTANZE D'AVVIAMENTO

MACCHINE PRONTE - NOLEGGIO

RICOSTRUZIONI - CONSEGNE SOLLECITE

VERTOLA 20137 MILANO

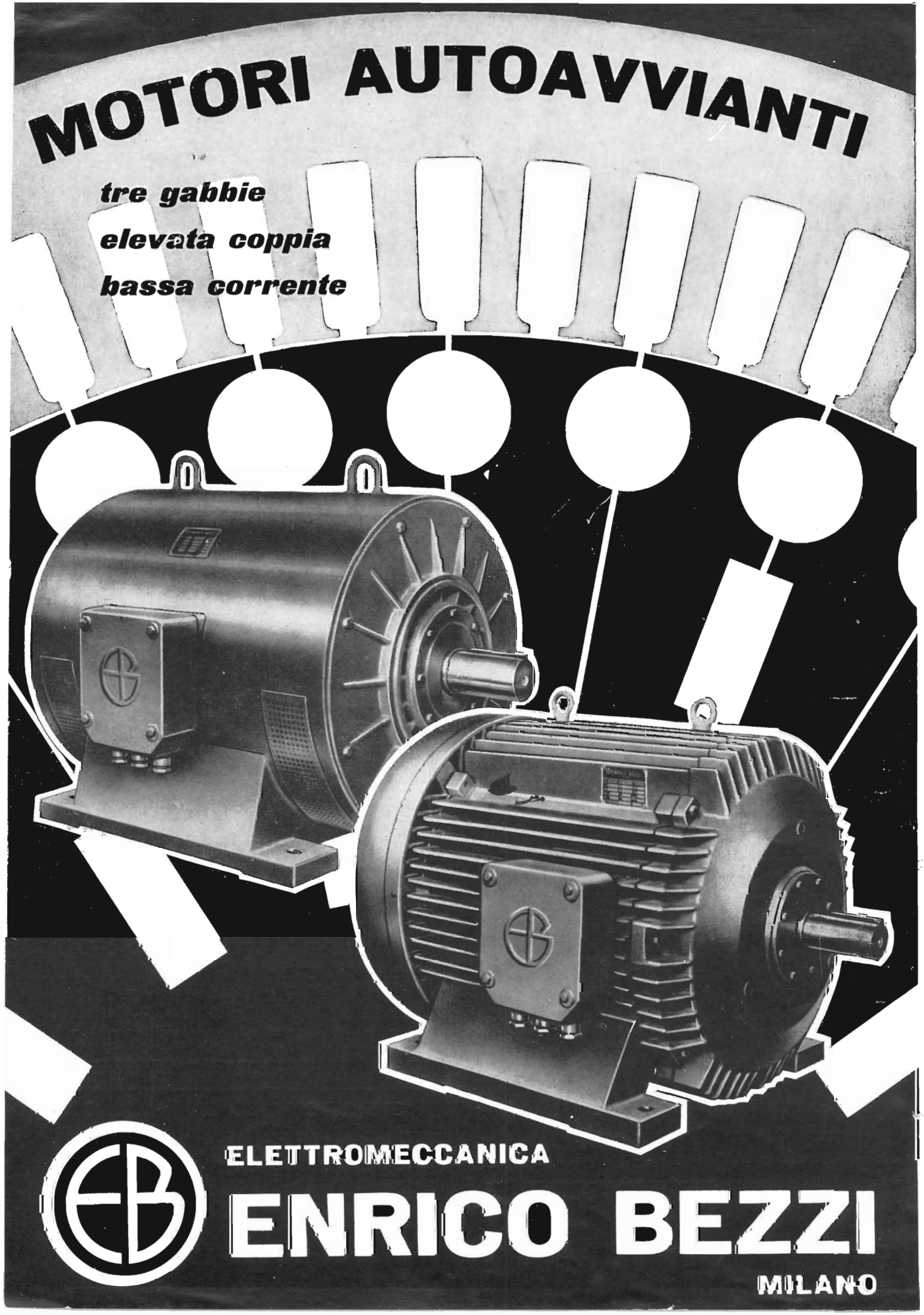
Via Veronese Guarino, 10 ● Tel. 55.47.98 - 55.37.16

MOTORI AUTOAVVIANTI

tre gabbie

elevata coppia

bassa corrente



ELETTROMECCANICA

ENRICO BEZZI

MILANO

COMPAGNIA ELETTROTECNICA MARCONI

IL TEMPORIZZATORE MULTISCALA - PICCOLO - PRECISO - ECONOMICO COSÌ VERSATILE DA RISOLVERE IN UNICA SOLUZIONE I VOSTRI PROBLEMI DI:

SPAZIO • TEMPO • ECONOMIA

Opere tecniche della EDITORIALE DELFINO

VIA SIMONE D'ORSENIGO, 25 • 20135 MILANO

SERIE ELETTRIFICAZIONE

1 RE V. - **Installazione delle macchine elettriche rotanti** - 40 pagine - 67 illustrazioni - 2 tabelle - 25 tavole (IV ediz.) L. 300

2 RE V. - **Manutenzione delle macchine elettriche rotanti** - 40 pagine - 35 illustrazioni - 4 tabelle - 12 tavole (IV ediz.) L. 300

3 DEHÒ G. - **Unificazinoe della frequenza** - 40 pagine - 12 illustrazioni - 5 tabelle (III ediz.) . . . . . L. 200

4 PALEARI G. - **Rifasamento degli impianti elettrici industriali** - 104 pagine - 40 illustrazioni - 14 tabelle - 17 tavole L. 1.000

5 PERONE G. - **Contattori e loro applicazioni** - 68 pagine - 60 illustrazioni - 4 tabelle - 34 tavole (IV ediz.) . . . L. 500

6 PALEARI G. - **Installazione e manutenzione dei trasformatori** - 60 pagine - 30 illustrazioni - 5 tabelle - 20 tavole (IV edizione) L. 500

7 PALEARI G. - **Come si legge una bolletta dell'energia elettrica** - 56 pagine - 20 illustrazioni - 8 tabelle - 3 tavole - 3 facsimili di bollette (easurito)

8 COMETTA E. - **Riduttori di misura** - 56 pagine - 60 illustrazioni - 5 tabelle (II ediz.) . . . . . L. 500

9 COMETTA E. - **Magneti permanenti** - 64 pagine - 42 illustrazioni - 13 tabelle (II ediz.) . . . . . L. 400

10 BANDINI BUTI A. - **Gli impianti elettrici sulle autovetture** - 84 pagine - 82 illustrazioni - 22 tavole (V ediz.) . . L. 700

11 BANDINI BUTI A. - **Gli schemi elettrici delle autovetture** - 102 pagine - 46 illustrazioni - 44 tavole (IV ediz.) . . L. 700

12 BANDINI BUTI A. - **I guasti nell'impianto elettrico delle autovetture** - 94 pagine - 40 illustrazioni - 26 tavole (IV edizione) L. 700

13 CLERICI C. - **Che cos'è e come si installa un televisore** - 108 pagine - 130 illustrazioni - 4 tabelle - 36 tavole (V edizione) L. 1.000

14 CLERICI C. - **Illuminotecnica - Principi di fotometria** - 84 pagine - 94 illustrazioni - 11 tabelle - 21 tavole - 1 tavola fuori testo a colori (II ediz.) . . . . . L. 700

15 Clerici C. - **Illuminotecnica - Progetto e calcolo degli impianti di illuminazione** - 120 pagine - 153 illustrazioni - 45 tavole (II ediz.) L. 1.200

16 CLERICI C. - **Illuminotecnica - Le sorgenti di luce** - 152 pagine - 292 illustrazioni - 14 tabelle - 30 tavole (II ediz. ampliata) L. 1.200

17 CARBONE E. - **Costruzione e calcolo dei piccoli trasformatori** - 80 pagine - 56 illustrazioni - 7 tabelle - 18 tavole (IV edizione) L. 800

18 COMETTA E. - CIBRARIO L. - **Unità di misura** - 52 pagine - 11 illustrazioni - 17 tavole (III ediz.) . . . . . L. 400

19 COMETTA E. - **Misura delle temperature** - 84 pagine - 79 illustrazioni - 6 tabelle - 10 tavole (II ediz.) . . . . L. 800

20 CIBRARIO L. - **I raddrizzatori a semiconduttori (all'ossido di rame, selenio, germanio, silicio)** - 128 pagine - 140 illustrazioni - 8 tabelle - 17 tavole (III edizione) . . . . . L. 1.000

21 COPPI E. - **Le cabine di trasformazione per impianti industriali e civili** - 140 pagine - 165 illustrazioni - 15 tavole (III ediz.) L. 1.200

22 BANDINI BUTI A. - **La matematica per l'elettrotecnico - Algebra e trigonometria** - 64 pagine - 29 tavole (II ediz.) . L. 600

23 BANDINI BUTI A. - **La matematica per l'elettrotecnico - Geometria piana e solida - Diagrammi - Geometria analitica - Vettori** - 74 pagine - 109 illustrazioni - 36 tavole (III ediz.) . L. 600

24 BANDINI BUTI A. - **La matematica per l'elettrotecnico - Logaritmi - Regolo calcolatore - Numeri normali - Calcolo differenziale** - 80 pagine - 77 illustrazioni - 29 tavole (II ediz.) L. 700

25 BANDINI BUTI A. - **I nomogrammi per l'elettrotecnico** - 64 pagine - 46 illustrazioni - 21 tavole (II ediz.) . . . L. 600

26 CLERICI C. - **La messa a terra degli impianti elettrici** - 168 pagine - 212 illustrazioni - 26 tavole (IV ediz.) . . L. 1.500

27 MAZZA E. - **Il relè - tipo telefonico - nell'industria** - 112 pagine - 165 illustrazioni - 20 tavole (III ediz.) . . . . L. 1.000

28 ROSSINI M. - **Progettazione e calcolo dei motori asincroni trifasi di piccola e media potenza** - 124 pagine - 115 illustrazioni - 32 tavole (III ediz.) . . . . . L. 1.200

29 COPPI E. - **La costruzione delle cabine di trasformazione** - 168 pagine - 178 illustrazioni - 6 tavole (III ediz.) . . L. 1.500

30 CERATO P. L. - **Manutenzione delle apparecchiature elettriche** - 104 pagine - 135 illustrazioni - 20 tavole (II ediz.) . L. 800

31 DASSETTO G. - **L'alluminio nell'elettrotecnica** - 136 pagine - 120 illustrazioni - 42 tabelle . . . . . L. 900

32 COLLI LANZI G. - **Alberi elettrici** - 80 pagine - 50 illustrazioni L. 700

33 FIGINI G. - **Equipaggiamenti elettrici industriali** - 115 pagine - 126 illustrazioni - 15 tavole (esaurito)

34 PEZZOLI F. - RE V. - **Protezione delle macchine elettriche** - 106 pagine - 69 illustrazioni (II ediz.) . . . . . L. 1.000

35 COSTA R. - **Il calcolo delle correnti di corto circuito negli impianti elettrici** - 132 pag. - 109 illustrazioni - 23 tabelle L. 1.200

36 FORLANI W. - **Gli impianti elettrici e le norme di legge** - 236 pagine - 214 illustrazioni (II ediz.) . . . . . L. 2.000

37 CLERICI C. - **Segnalazioni elettriche nell'industria e nella comunità** - 200 pagine - 245 illustrazioni . . . . . L. 1.500

38 BOSSI A. - COPPI E. - **Metodi di misura nei circuiti a corrente continua** - 124 pagine - 106 illustrazioni - 7 tabelle . L. 1.200

39 SCIPIONE U. - **Impianti elettrici negli aeroporti** - 158 pagine - 132 illustrazioni - 25 tavole . . . . . L. 1.500

40 BERTOLINI M. - **Motori elettrici di piccola e piccolissima potenza** - 220 pagine - 304 illustrazioni - 26 tavole (II edizione) L. 2.000

41 BOSSI A. - SESTO E. - **Gli scaricatori di sovratensione** - 160 pagine - 115 illustrazioni - 16 tabelle . . . . L. 1.500

42 BOSSI A. - **La tecnica delle prove ad impulsi** - 164 pagine - 124 illustrazioni - 18 tabelle . . . . . L. 2.000

43 BOTTIO F. - SOTTANI L. - **La protezione contro i contatti elettrici accidentali** - 146 pagine - 128 illustrazioni - 4 tabelle L. 1.500

44 SALVATI L. - **Progettazione e calcolo degli elettromagneti** - 204 pagine - 154 illustrazioni - 3 tabelle . . . . . L. 2.000

45 SESTO E. - **I cavi per energia** - 148 pagine - 85 illustrazioni - 25 tabelle . . . . . L. 1.500

46 BOSSI A. - SESTO E. - **Interruttori per impianti elettrici di potenza:** caratteristiche e criteri di scelta e di impiego - 176 pagine - 123 illustrazioni - 23 tabelle - 8 tavole a colori L. 1.800

Un'opera di oltre 1000 pagine, riccamente illustrata, destinata ai progettisti di impianti elettrici. Corredata di raccoglitore con le « schede materiali » recanti le caratteristiche elettriche e dimensionali dei principali materiali usati negli impianti elettrici.

Partendo dai problemi comuni a tutte le categorie di impianti (sovraccorrenti, sovratensioni, coordinamento degli isolamenti, messa a terra, ecc.) e dopo aver analizzato le caratteristiche elettriche e meccaniche dei componenti degli impianti (apparecchiature di manovra, di misura, di protezione, ecc.) agli effetti dei criteri di scelta, gli Autori — ai quali ha fatto capo una équipe di specialisti — illustrano le particolarità concettuali e costruttive degli impianti di produzione, di trasporto, di trasformazione, di utilizzazione dell'energia elettrica.

A. BOSSI • E. SESTO

IMPIANTI ELETTRICI

Lire 7.700

contattori e protettori da 8 a 200 A - coppie di contattori per inversione - avviatori stella triangolo a contattori - avviatori statorici e rotorici

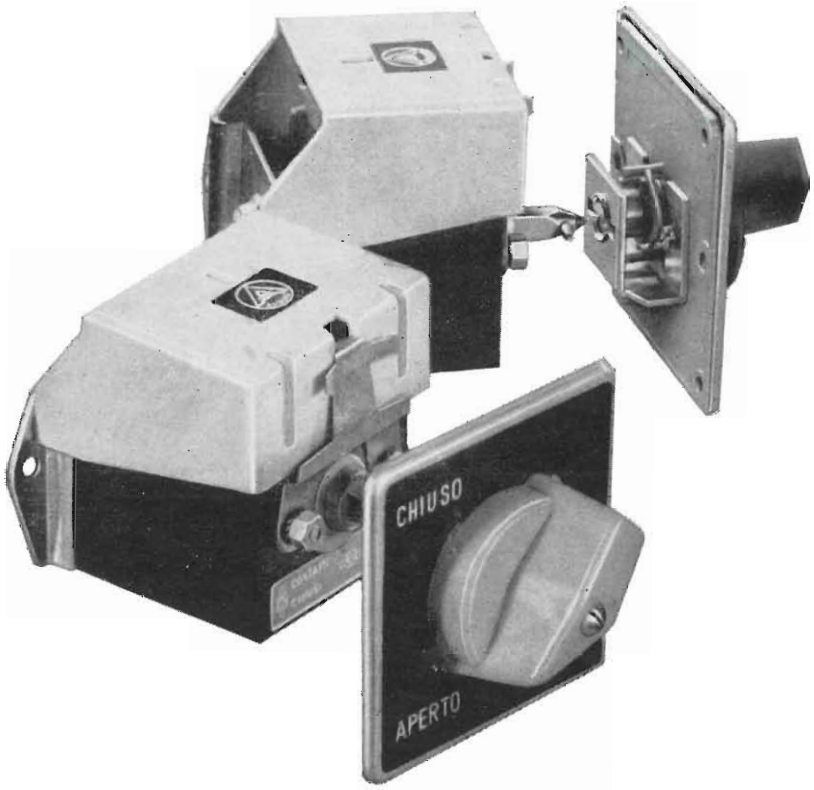
apparecchiature di controllo e comando a contattori quadri di comando normalizzati per piccoli impianti di riscaldamento

accessori di comando - pulsanti normali e stagni - portalampade stagni - selettori stagni - interruttori di fine corsa - sezionatori con blocco porta

interruttori e commutatori a mano ad elementi

milano - via visconti di modrone 8/6
Telef. 78.03.97 - 78.03.98

torino - corso vercelli 273
Telef. 26.56.56 - 5 linee urbane



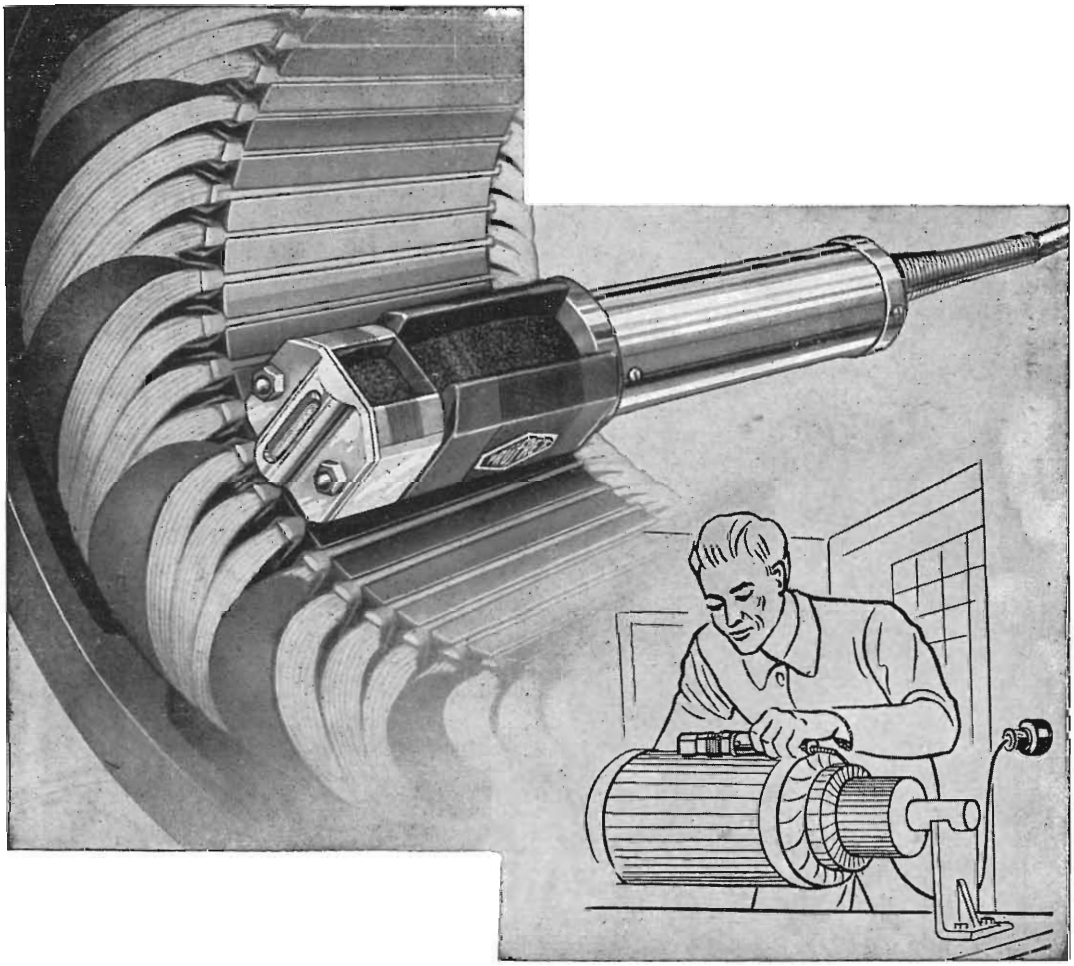
sezionatori con blocco porta serie **BP**
sono conformi alle norme antinfortunistiche e assicurano il personale addetto alla manutenzione, contro involontari contatti con parti metalliche sotto tensione
per la loro elevata capacità di rottura rientrano nella categoria dei « sezionatori sotto carico »

TORINO AUDOLI

audoli

ELE. FANTINI

ELETTRONICA - ELETTROMECCANICA
56 V. Bassini - 20133 MILANO - Tel. 235125/26



OLTRE 100'000 PRÜFREX

sono usati ogni giorno in oltre **80** *paesi per il controllo di motori in* **c.a.** *e in* **c.c.** *ed il loro uso si estende sempre più per il gran* **RISPARMIO DI TEMPO**

Procuratevi anche il **MAXVOLT** e l'**ULTRAVOLT** per prove di rigidità dielettricità

SISTEMA

TRASFOBLOC®

tipo I.C.P.
mod. POLITRASFO

CABINE DI TRASFORMAZIONE PREFABBRICATE per interno e per esterno

ELETTROTECNICA INDUSTRIALE duriff

Strada del Barocchio, 63/14 ☎ 393.701 - 351.432
10136 TORINO

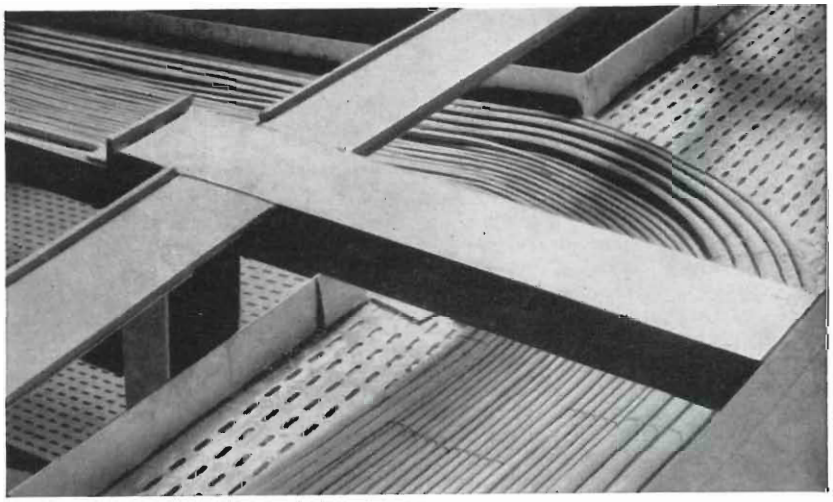
- MATERIALE ELETTRICO STAGNO
- SCATOLE DERIVAZIONE
- INTERRUTTORI
- PRESE DI CORRENTE
- CASSETTE DERIVAZIONE
- CASSETTE CON VALVOLE
- FANALI
- SUONERIE
- ACCESSORI PER CAVI

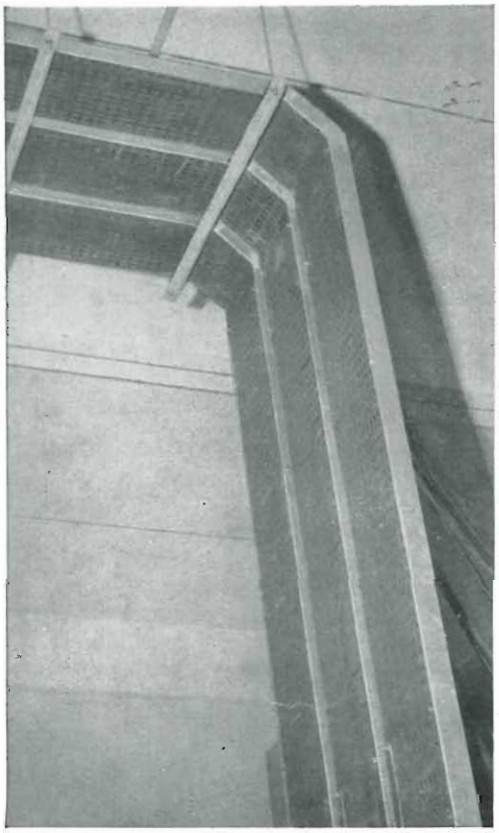
ING. FRANCIONI & CO.
FABBRICA DI APPARECCHI ELETTRICI
Via Savona, 125 - 20144 MILANO - Tel. 470008/9 - 474468

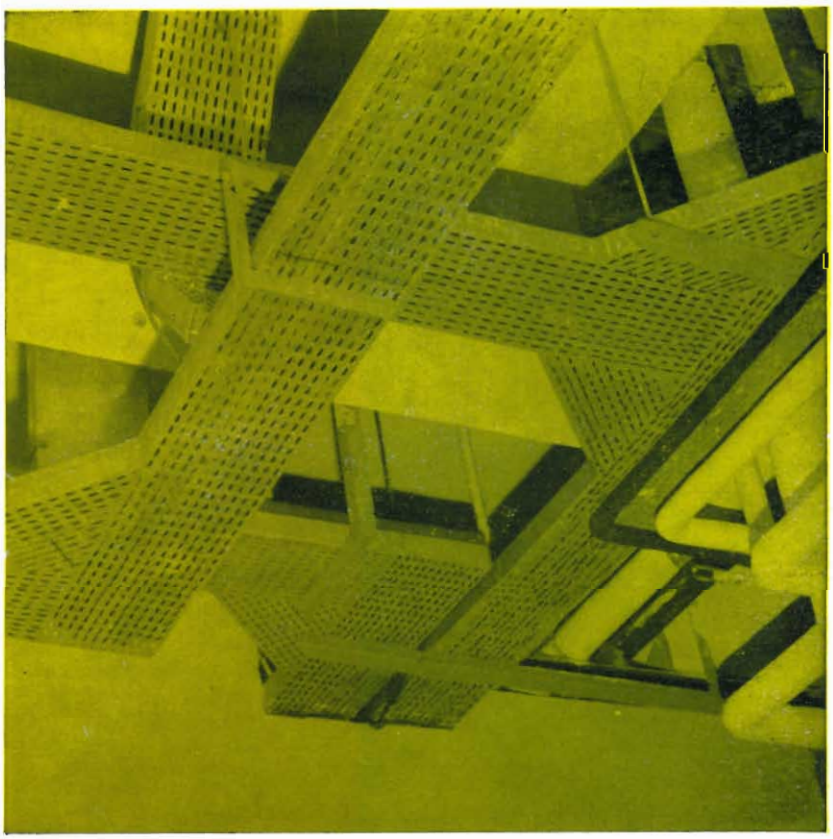
pi ESSE ®

PASSERELLE PORTA CAVI ELETTRICI

PER IMPIANTI INDUSTRIALI







FELICE SCHIAVETTI & FIGLI SPA

15060 STAZZANO/Alessandria
Tel. Serravalle Scrivia
(0143) 65.481 (5 linee)

Lamiere forate
Lamiere stirate
Tele e reti metalliche

Anno di Fondazione
1861

SERIE ELETTROCHIMICA

1c CLERICI G. - **Gli accumulatori elettrici** - 92 pagine - 30 illustrazioni - 19 tabelle - 7 tavole . . . . . **L. 900**

2c GIUDICI E. - **Impianti galvanotecnici** - 120 pagine - 115 illustrazioni - 7 tabelle - 21 tavole . . . . . **L. 1.000**

3c BRESCIANI L. - **L'ossidazione anodica dell'alluminio** - 96 pagine - 36 illustrazioni - 5 tabelle . . . . . **L. 600**

4c MASTAI G. - **Formule e dati pratici per galvanotecnica** - 104 pagine - 11 illustrazioni - 34 + XXII tavole (II ediz.) . **L. 1.000**

5c BOTTIO L. F. - **La corrosione delle canalizzazioni interrate** - 78 pagine - 43 illustrazioni - 4 tabelle . . . . . **L. 600**

SERIE ELETTRONICA INDUSTRIALE

1e BANDINI BUTI A. RE V. - **Oscillografo a raggi catodici. Costituzione ed impiego pratico** - 126 pagine - 133 illustrazioni - 33 tavole (IV ediz.) . . . . . **L. 1.200**

2e CERATO P. L. - **I tubi elettronici nell'industria** - 148 pagine oltre 200 illustrazioni - 35 tavole (II ediz.) . . . . . **L. 1.500**

3e CERATO P. L. - **Circuiti fondamentali nell'elettronica industriale** - 114 pagine - 100 illustrazioni (III ediz.) . . . . **L. 1.200**

4e MAZZA E. - **I diodi al germanio ed al silicio** - 148 pagine - 190 illustrazioni - 23 tavole (III ediz. ampliata) . . . . **L. 1.500**

5e CERATO P. L. - **I gruppi Ward Leonard** - composizione - funzionamento - realizzazioni elettroniche - applicazioni - 144 pagine - 140 illustrazioni (III ediz.) . . . . . **L. 1.400**

6e CERATO P. L. - **Amplificatori magnetici** - 124 pagine - 149 illustrazioni (III ediz.) . . . . . **L. 1.500**

7e MAZZA E. - **Transistori: costituzione e impiego pratico** - 180 pagine - 170 figure - IX tabelle - 9 tavole (III ediz.) . **L. 1.800**

8e LUCERI M. - **Il telefono** - 236 pagine - 220 illustrazioni **L. 2.000**

9e BORGONOVO C. - **Regolazione automatica** - 236 pagine - 205 illustrazioni - 18 tavole . . . . . **L. 2.000**

10e SWOBODA R. - **Thyristor** - 102 pagine - 61 illustrazioni **L. 1.000**

11e FLEGO M. - **Controllo numerico delle macchine utensili** - 90 pagine - 92 illustrazioni . . . . . **L. 1.000**

12e APEL K. - **Circuiti elettronici di conteggio** - 136 pagine - 103 illustrazioni . . . . . **L. 1.500**

13e Karpov V. J. - **I transistori nei circuiti di stabilizzazione** - 116 pagine - 63 illustrazioni - 10 tabelle . . . **L. 1.200**

14e Figini G. - **I circuiti logici statici e le loro applicazioni negli azionamenti industriali** - 104 pagine - 110 illustrazioni - 8 tabelle . . . . . **L. 1.000**

15e Vivona V. - **Gli elaboratori elettronici** - Principi di funzionamento - Sistemi operativi - Linguaggi - 208 pagine - 116 illustrazioni - 13 tabelle . . . . . **L. 2.000**

SERIE SCIENZA E TECNICA DELL'ATOMO

1a BANDINI BUTI A. - **Gli acceleratori per fisica nucleare** - Ciclotroni - Sincrociclotroni - Protonsincrotroni - Betatroni - 118 pagine - 84 illustrazioni (II ediz.) . . . . . **L. 1.000**

2a BANDINI BUTI A. - **I quanti di Planck** - Le molecole - La radiazione - 144 pagine - 133 illustrazioni (III ediz.) . . **L. 1.300**

3a BANDINI BUTI A. - **La relatività** - Cinematica e dinamica relativistica - 148 pagine - 95 illustrazioni (II ediz.) . . **L. 1.200**

4a BANDINI BUTI A. - **L'atomo** - Spettroscopia dei raggi X - Gli atomi di Bohr e di Sommerfeld - Configurazione elettronica dell'atomo - 124 pagine - 72 illustrazioni (II ediz.) . **L. 1.200**

5a BANDINI BUTI A. - **Meccanica ondulatoria e quantistica** - Critica dell'atomo di Bohr - La meccanica di Schrödinger, di Heinsenberg, di Dirac - 144 pagine - 87 illustrazioni (II Ediz.) **L. 1.200**

6a BANDINI BUTI A. - **La radioattività** - Radiazioni alfa, beta, gamma - Le famiglie radioattive - 160 pagine - 81 illustrazioni **L. 1.500**

SERIE MECCANICA

1m COMETTA E. - **Resistenza dei materiali** - 132 pagine con oltre 200 illustrazioni - 13 tabelle - 17 tavole (II ediz.) . **L. 900**

2m PASQUALINI F. - **Tracciatura d'officina** - 144 pagine - 303 illustrazioni - 2 tabelle - 69 tavole . . . . . **L. 1.200**

3m LENSI M. - **Saldatura ossiacetilenica** - 164 pagine - 204 illustrazioni - 21 tabelle - 12 tavole . . . . . **L. 1.500**

DISEGNO ELETTROTECNICO E MECCANICO

DEL MONACO G. - **Schemi elettrici - Convenzioni per impianti di energia** - 112 pagine - 108 figure - 48 tavole . . **L. 1.200**

DEL MONACO G. - **Schemi elettrici funzionali** - 118 pagine - 63 illustrazioni - 6 tavole . . . . . **L. 2.000**

DEL MONACO G. - **Atlante dei circuiti** - 344 pagine - oltre 580 illustrazioni - 129 tavole . . . . . **L. 3.500**

CLERICI C. - **Disegno tecnico - Problemi fondamentali, grafici e geometrici** - 160 pagine con oltre 350 illustrazioni . **L. 1.200**

CLERICI C. - **Convenzioni del disegno tecnico e degli organi delle macchine** - 256 pagine con oltre 500 illustraz. . **L. 1.800**

DEL MONACO G. - RE V. - **Disegno elettrotecnico ed elettromeccanico** - 478 pagine - 200 illustrazioni nel testo e nelle tavole - 150 tavole con esempi applicativi . . . **L. 4.000**

ALTRE OPERE DI VIVO INTERESSE

CLERICI C. - CASAGRANDE R. - **Parafulmini** - 172 pagine - 232 figure nel testo - 35 tavole - 6 tabelle . . . . **L. 1.800**

PAGANI G. - **Linee elettriche aeree di bassa e media tensione** - 248 pagine - 268 illustrazioni - 16 tavole (esaurito)

BANDINI BUTI A. - BERTOLINI M. - **Misure elettriche: strumenti e metodi di misura** - 500 pag. - 450 figure - 98 tavole **L. 4.000**

BANDINI BUTI A. - BERTOLINI M. - **Prove e collaudi delle macchine e degli impianti** - 400 pagine con oltre 300 illustrazioni - 18 tavole riassuntive, 37 tavole di esempi applicativi **L. 4.500**

GELDER E. - HIRSCHMANN W. - **Applicazioni pratiche dei semiconduttori** - 276 pagine - 185 illustrazioni . . . **L. 3.000**

SCHÖNBERG G. - **Orologi elettrici** - 148 pagine - 157 illustrazioni - 4 tabelle . . . . . **L. 1.800**

ROEPER R. - **Le correnti di corto circuito nelle reti trifasi** - 102 pagine - oltre 100 illustrazioni - 23 tavole . . **L. 1.500**

GELDER E. - **I transistori nei circuiti di commutazione** - 118 pagine - oltre 110 illustrazioni - 2 tabelle . . . . **L. 1.500**

Esempi di circuito transistorizzati - Volume in formato 15 x 21 cm. - 123 pagine - 66 illustrazioni - Rilegato, con sovracoperta a colori . . . . . **L. 1.500**

Elettrotecnica pratica Vol. I - **Elementi fondamentali** - 500 pag. oltre 1200 illustraz. a due e più colori - 60 tavole . **L. 3.500**

Vol. II - **Misure elettriche** - 330 pagine - oltre 400 illustrazioni - 64 tavole . . . . . **L. 2.500**

Vol. III - **Macchine elettriche** - 400 pagine - oltre 500 illustrazioni - 31 tavole . . . . . **L. 2.700**

Vol. IV - **Tecnica degli impianti** - 500 pagine, oltre 1000 illustrazioni a due colori . . . . . **L. 4.000**

RE V. - BANDINI BUTI A. - **Energia elettrica: principi fondamentali ed applicazioni** - 504 pagine - oltre 1.200 illustrazioni a due e più colori . . . . . **L. 3.800**

COLLANA RED DI RIASSUNTI

ELETTROTECNICA

A1 - **Correnti continue** . . . . . **L. 700**
A2 - **Correnti alternate** . . . . . **L. 700**

MACCHINE ELETTRICHE

B1 - **Macchine statiche** . . . . . **L. 700**
B2 - **Macchine rotanti** . . . . . **L. 700**

MISURE ELETTRICHE

C1 - **Strumenti, metodi ed errori di misura** . . . **L. 700**
C2 - **Prove delle macchine elettriche** . . . . **L. 700**

ELETTRONICA

E1 - **Elementi fondamentali** . . . . . **L. 700**
E2 - **Elementi dei circuiti** . . . . . **L. 700**
E3 - **Amplificazione - Modulazione - Rivelazione** . **L. 700**

FISICA

G1 - **Meccanica ed acustica** . . . . . **L. 700**
G2 - **Termologia ed ottica** . . . . . **L. 700**
G3 - **Elettrologia** . . . . . **L. 700**

CHIMICA

F1 - **Chimica generale** . . . . . **L. 700**
F2 - **Chimica inorganica** . . . . . **L. 700**
F3 - **Chimica organica** . . . . . **L. 700**
F4 - **Chimica industriale e applicata** . . . . **L. 700**

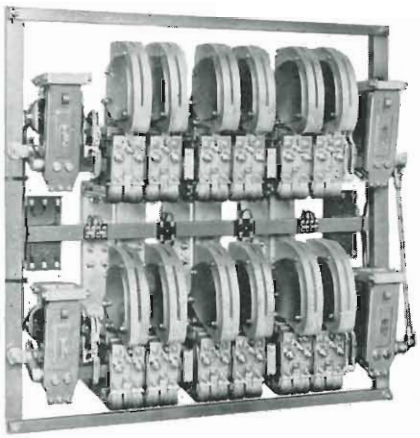
EDITORIALE DELFINO - Via Simone d'Orsenigo, 25 - 20135 MILANO - Tel. 584.932/584.971

Microelettrica Scientifica

DOTT. ING. E. JASELLI

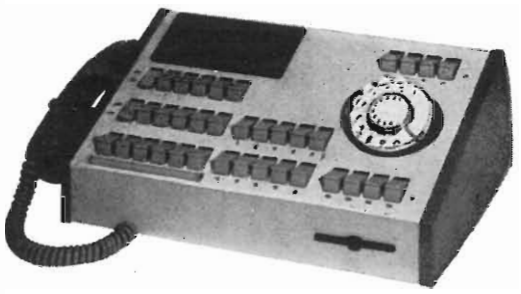
MILANO, Via Candiani 29
Tel. 374.324 - 375.678 - 376.0196

- Apparecchiature elettriche automatiche per impianti terrestri e di bordo
- Relais
- Contattori da 10 a 6000 Amp.



Telecommutatore tripolare da 7500 A

TAVOLO INTERMEDIARIO PABX 1000



CAPOLINEA PABX 6 / 42 / 5 + 1

CAPOLINEA PABX 15 / 98 / 15 + 1

POSTO D'OPERATRICE PABX 18 / 90 / 10 + 1

GT&E Italia

Divisione Commutazione

Impianti telefonici automatici urbani e privati - Centrali telefoniche interurbane - Centralini telefonici manuali - Apparecchi telefonici normali ed amplificati - Impianti telefonici selettivi a codice - Telefonia domestica (citofoni, centralini citofonici, portieri elettrici) - Telecomandi - Relè reed.

SOCIETÀ GENERALE DI TELEFONIA ED ELETTRONICA S.p.A.
20060 Cassina de' Pecchi (Milano) - Telefoni: 9519201-301
20158 Milano - Via Bernina 12 - Telefoni: 600151-690500
00153 Roma - Piazza Albania, 10 - Telefoni 578.444/5/6/7
16121 Genova - Via Bartolomeo Bosco, 45 - Telef. 580.472

La gamma più completa di strumenti dalla più famosa ditta americana specializzata in misure elettriche

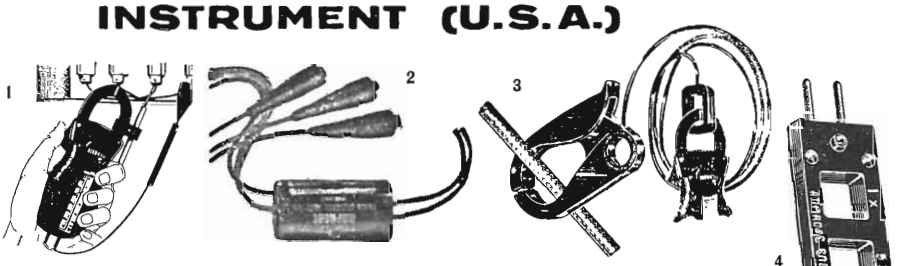
AMPROBE

INSTRUMENT (U.S.A.)

(62)

VOLT-AMPER-OHMMETRI A TENAGLIA DI ORIGINALI ED ESCLUSIVE CARATTERISTICHE

I modelli « Amprobe » RS servono per misurare correnti c.a. senza interrompere i circuiti da esaminare. Misurano inoltre tensioni c.a. ed alcuni anche resistenze (continuità). Sono disponibili in 6 diversi modelli da 6 a 1000 Ampere fondo scala e per tensioni di 150/300/600 Volt fondo scala. Caratteristiche di rilievo e comuni a tutti i modelli di questa serie, sono la portatilità (180×66×34 mm), la scala rotante per far comparire solo una portata alla volta facilitando la lettura, dispositivo di bloccaggio dell'indice dopo la misura per lettura a pinze anche aperte, robustezza, indipendenza da influenza di campi magnetici esterni (schermaggio), ecc.



NUMEROSI ACCESSORI PER ESTENDERE IL CAMPO D'IMPIEGO DEGLI STRUMENTI AMPROBE

La pinza Amprobe, con tutti gli accessori, può essere fornita in valigette di pelle appositamente costruite, contenenti anche uno scomparto per la collocazione di cacciaviti ed altri arnesi. Gli accessori disponibili sono cordoni volmetrici Extendo (1), un misuratore di senso ciclico delle fasi (2), un moltiplicatore di portate per estenderne le misure a 1200 Ampere (3) ed un divisore per estendere la sensibilità in Ampere di 10 volte (4).

REGISTRATORI A TENAGLIA PER UN'UTILE ED ECONOMICA DOCUMENTAZIONE CONTINUA DI VOLT, AMPERE, TEMPERATURE

I registratori a tenaglia Amprobe servono per misurare correnti c.a. senza interrompere i circuiti da misurare. Altre versioni possono misurare tensioni c.a., temperature, tensioni e Ampere c.c. Essi Vi forniscono una indispensabile documentazione CONTINUATA nel tempo delle condizioni di funzionamento del Vs. impianto o macchinario. Caratteristiche di rilievo sono il minimo ingombro (14×7,6×4,3 cm), la facilità d'uso (usabili da personale non tecnico), scrittura a pressione senza inchiostro, costruzione robusta, non necessita di riparazioni, possibilità di eseguire notazioni sulla registrazione (tramite l'apertura frontale) possibilità d'uso come semplice strumento indicatore (togliendo il rotolo di carta), ecc.

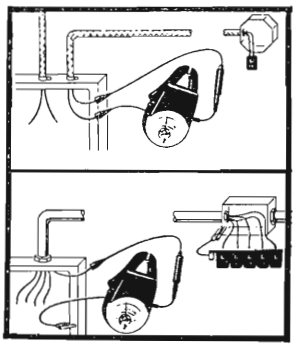
NUOVO PROVA TENSIONI E FREQUENZA « VOLTPROBE »

SOLO LIRE 9.100

Il nuovo prova tensioni AMPROBE Mod. « VT-100 VOLTPROBE » è il primo strumento professionale per controllo di tensioni c.c., c.a. e frequenza veramente tascabile (150x57x19 mm. ca.) e ad un prezzo veramente di mercato, alla portata di tutte le borse.
Il VOLTPROBE serve per misure di tensione c.a. da 115 a 550 V e c.c. da 115 a 750 V e permette inoltre di determinare la frequenza di linea da 25 a 400 Hz.
I puntali di prova quando non sono usati vengono alloggiati nel corpo dello strumento stesso.

LOCALIZZATORE DI CAVI « LINE-PROBE »

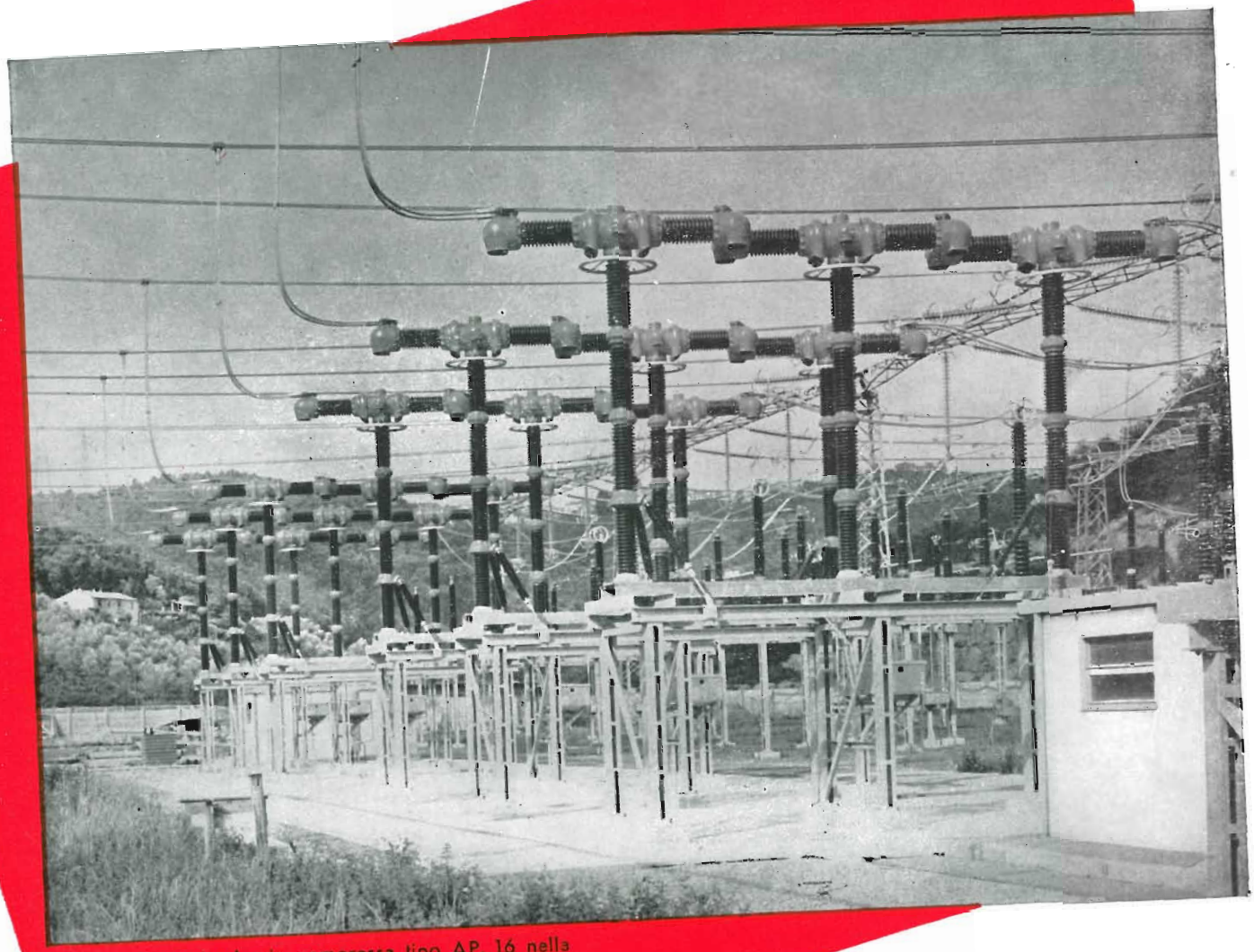
Il Line Probe consente di localizzare, ad un solo operatore, cavi 10 volte più rapidamente che con i metodi tradizionali e pertanto l'aiutante può, nel frattempo, compiere altri lavori. L'apparecchio è corredato di 10 marcatori che vengono posti ad un estremo dei fili da controllare, all'altro estremo si mette l'apparecchio e si provano i fili uno alla volta, l'indice dello strumento si fermerà sul numero corrispondente a quello del marcatore a cui il filo in prova è collegato. Il Line Probe serve inoltre per misure di CORRENTE (a mezzo della pinza), TENSIONE e CONTINUITÀ (ohm): è pertanto uno strumento di uso universale.



AGENTE ESCLUSIVO PER L'ITALIA

VIANELLO

Sede: 20122 MILANO - Via Crivelli 12 - Telefoni 553811 - 553081
Filiale: 00185 ROMA - Via S. Croce in Gerusalemme 97 - Tel. 772250/941



Gli interruttori ad aria compressa tipo AP. 16 nella sezione a 380 kV della Stazione Enel di La Spezia.

ADDA

OFFICINE ELETTROTECNICHE
E MECCANICHE - LODI

Le prestazioni degli apparecchi finora forniti alle reti italiane (tensioni nominali fino a 380 kV, poteri di interruzione fino a 43 kA) non costituiscono un limite per la gamma di interruttori tipo AP: grazie alle particolari caratteristiche della nostra serie di elementi modulari, sono già disponibili anche prestazioni notevolmente superiori.

PYP/69

SMI

Quando l'elettricità prende il largo

Cavi ad isolamento minerale Pyrosotenax per l'industria cantieristica

I cavi ad isolamento minerale Pyrotenax sono prodotti per applicazioni navali secondo le UNAV 1020 in conformità ai regolamenti dei principali Registri navali. La loro assoluta incombustibilità, sicurezza e facilità d'installazione li rende particolarmente idonei per impianti elettrici a bordo di navi, e per tutte le apparecchiature antincendio e antideflagranti.

Guaina esterna: tubo continuo di rame senza saldatura (conducibilità maggiore del 70%).
Conduttori: rame elettrolitico 99,9% ad alta conducibilità.
Isolante: Ossido di Magnesio fortemente compresso (punto di fusione 2.800° C.).

Società Metallurgica Italiana
Sede Centrale:
50121 Firenze
Borgo Pinti, 99
Telefono 2794

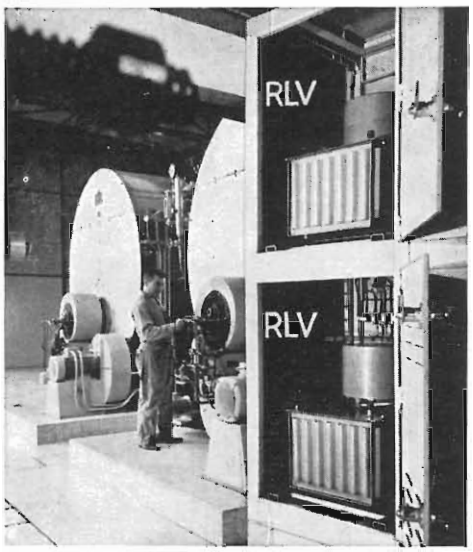
Inviando questo tagliando, vi saranno spedite ampie documentazioni sui cavi ad isolamento minerale Pyrotenax.

Nome .....
Cognome .....
Via .....
Città .....
n. Codice .....

M/n Santa Valeria di 76.800 TPL, varata nel cantiere di Montalcone della Società Italcantieri. Costruita per conto della Armatrice Santa Cristina di Palermo.

AVVIATORE AUTOMATICO

a resistenza termovariabile
tipo **RLV** per motori ad anelli
tipi **ST** e **RED** per motori a gabbia



2 RLV per ventilatori

Nuova serie, con caratteristiche superiori alle precedenti, per potenze fino a **735 kW**

PRODUZIONE

A.O.I.P. Parigi

Vantaggi principali:

- Avviamento dolce
- Economico
- Manutenzione trascurabile
- Consegne rapide

Per il Vostro problema di avviamento rivolgeteVi a:

KIEPE ELECTRIC S. p. A.
Via Anacreonte, 7 - MILANO - Tel. 2899742/2895979 - Telex 32446

CONTAIMPULSI ELETTRICI

HOKUYO AUTOMATIC CO., LTD

I MIGLIORI CONTAIMPULSI PER ELEGANTE E CURATA ESECUZIONE, PERFETTO FUNZIONAMENTO, LUNGA VITA, BASSO COSTO

CONTAIMPULSI ELETTRICI A 6 CIFRE SENZA PREDISPOSIZIONE

TIPO	ALIMENTAZ. 24-110-220 Vcc 15 imp./sec. prezzo L.	30 imp./sec. prezzo L.	60 imp./sec. prezzo L.
AC-SA CON AZZERAMENTO MANUALE	**16.740**	**18.900**	**21.600**

CONTAIMPULSI ELETTRICI A 6 CIFRE AD UNA PREDISPOSIZIONE con contatto di scambio da 5 Amp.

TIPO	ALIMENTAZ. 24-110-220 Vcc 15 imp./sec. prezzo L.	30 imp./sec. prezzo L.	60 imp./sec. prezzo L.
AC-SB CON AZZERAMENTO MANUALE	**39.960**	**42.120**	**47.520**
AC-SBA CON AZZERAMENTO MANUALE ED ELETTR.	**42.660**	**48.600**	**52.920**

CONTAIMPULSI ELETTRICI A 6 CIFRE A DUE PREDISPOSIZIONI SEPARATE con contatti di scambio da 5 Amp.

TIPO	ALIMENTAZ. 24-110-220 Vcc 15 imp./sec. prezzo L.	30 imp./sec. prezzo L.	60 imp./sec. prezzo L.
AC-SC CON AZZERAMENTO MANUALE	**81.000**	**87.480**	**97.200**
AC-SCA CON AZZERAMENTO MANUALE ED ELETTR.	**87.480**	**97.200**	**102.600**

SCONTI PER QUANTITÀ: da 1 a 5 pezzi sc. 35% ● da 6 a 19 pezzi sc. 40% ● da 20 a 49 pezzi sc. 45% ● oltre 50 pezzi sconti a convenire.

Inoltre la HOKUYO produce CONTAGIRI A 6 CIFRE CON UNA O DUE PREDISPOSIZIONI AD AZZERAMENTO MECCANICO OD ELETTRICO E CONTAGIRI MECCANICI A 4 CIFRE CON UNA O DUE PREDISPOSIZIONI AZZERAMENTO MECCANICO.

RAPPRESENTANTE GENERALE CON DEPOSITO

ELETTROCONTROLLI ITALIA - 40126 BOLOGNA
Via del Borgo, 139 e/f - Telef. 26.58.18 - 27.94.60

Quando è necessario illuminare

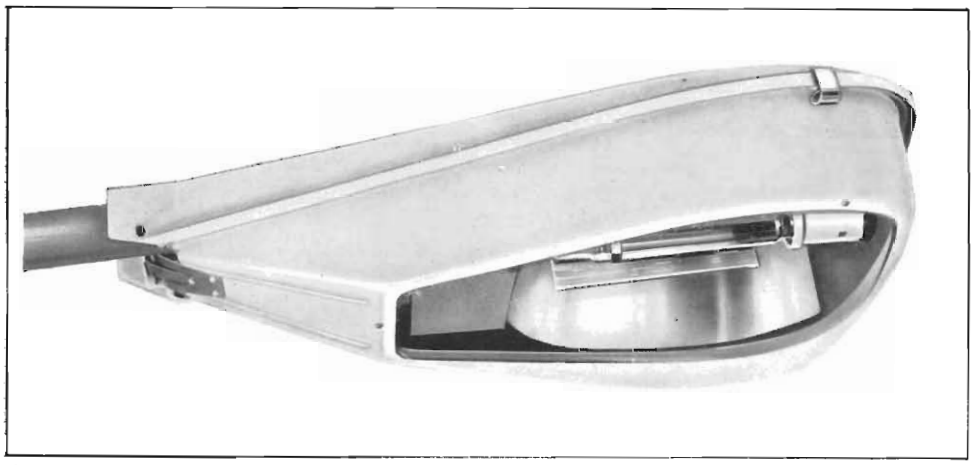
Quando è necessario illuminare piazze, svincoli autostradali, autostrade, strade urbane e residenziali, viali, giardini; **quando** si desidera una luce piacevole simile a quella che si verifica al tramonto del sole; **quando** si desidera una efficienza luminosa non comune a qualsiasi altro tipo di lampada a luce bianca; **allora** è giunto il momento di impiegare la lampada **SON (T) PHILIPS** a luce bianco-oro entro adatte armature appositamente studiate per esaltarne le particolari caratteristiche illuminotecniche.
LE LAMPADE SON (T) PHILIPS sono costruite in due versioni: tubolare in vetro chiaro, ed a bulbo fluorescente.

CARATTERISTICHE

- gradevole tonalità di luce
- buona resa dei colori
- efficienza luminosa pari a 100 lm/W
- lunga durata di vita media
- decadimento del flusso luminoso contenuto
- funzionamento in qualsiasi posizione
- tempo di messa a regime: 3 minuti

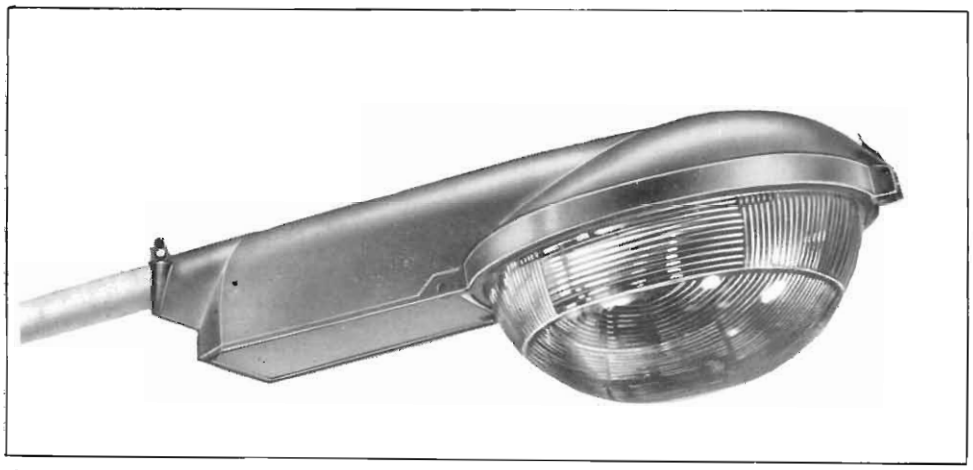
PHILIPS

Il nostro Ufficio Tecnico è a disposizione della clientela, in forma del tutto gratuita, per campionature, prove illuminotecniche e per qualsiasi progetto di illuminazione.



Armatura stradale tipo HRP 151

Lampada tipo SON/T - 250 W - 400 W



Armatura stradale tipo HRL 41

Lampada tipo SON - 160 W - 250 W - 400 W

PHILIPS S.p.A. Sez. Illuminazione - 20124 Milano - Piazza IV Novembre 3

misure ed elettronica

condizionano il progresso scientifico

Ecco alcuni testi che vi consentono di aggiornarvi su queste due branche della tecnica

Misure elettriche

Bandini Buti A. - Bertolini M. - **MISURE ELETTRICHE: STRUMENTI E METODI DI MISURA** - Volume in formato 17 x 24 cm. - 500 pag. - 450 figure - 98 tavole - Rilegato . . . **L. 4.000**

Armanini D. - Bandini Buti A. - **TEORIA E TECNICA DELLE MISURE ELETTRICHE** - 530 pagine - 439 figure - 103 tavole con esempi applicativi . . . . . **L. 4.500**

Bandini Buti A. - Bertolini M. - **PROVE E COLLAUDI DELLE MACCHINE E DEGLI IMPIANTI** - Volume in formato 17 x 24 cm. - 400 pagine con oltre 300 illustrazioni - 18 tavole riassuntive - 37 tavole di esempi applicativi - Rilegato . . . . **L. 4.500**

Bossi A. - Coppi E. - **METODI DI MISURA NEI CIRCUITI A CORRENTE CONTINUA** - 124 pagine - 106 illustrazioni - 7 tabelle **L. 1.200**

Cometta E. - Cibrario L. - **UNITÀ DI MISURA** - 52 pagine - 17 tavole (III edizione) . . . . . **L. 400**

Cometta E. - **MISURA DELLE TEMPERATURE** - 84 pagine - 79 illustrazioni - 6 tabelle - 10 tavole (II ediz.) . . **L. 800**

Cometta E. - **RIDUTTORI DI MISURA** - 56 pagine - 60 illustrazioni - 5 tabelle (II ediz.) . . . . . **L. 500**

Bossi A. - **LA TECNICA DELLE PROVE AD IMPULSI** - 164 pagine - 124 illustrazioni - 18 tabelle . . . . . **L. 2.000**

Dehò G. - **UNIFICAZIONE DELLA FREQUENZA** - 40 pagne - 12 illustrazioni - 5 tabelle (III edizione) . . . . **L. 200**

Coedizione Siemens - Editoriale Delfino

Roeper R. - **LE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO NELLE RETI TRIFASI** - Volume in formato 15 x 21 cm. - 102 pagine - oltre 100 illustrazioni - 23 tavole - Rilegato, con sovracoperta a colori **L. 1.500**

Gelder E. - **I TRANSISTORI NEI CIRCUITI DI COMMUTAZIONE** - Volume in formato 15 x 21 cm. - 118 pagine - oltre 110 illustrazioni - 2 tabelle - Rilegato, con sovracoperta a colori **L. 1.500**

Gelder E. - Hirschmann W. - **APPLICAZIONI PRATICHE DEI SEMICONDUTTORI** - Volume in formato 15 x 21 cm. - 276 pagine - 185 illustrazioni - Rilegato . . . . . **L. 3.000**

- **ESEMPI DI CIRCUITI TRANSISTORIZZATI** - Volume in formato 15 x 21 cm., 123 pagine - 66 illustrazioni - Rilegato, con sovracoperta a colori . . . . . **L. 1.500**

Elettronica industriale

Bandini Buti A. - Re V. - **OSCILLOGRAFO A RAGGI CATODICI. COSTITUZIONE ED IMPIEGO PRATICO** - 126 pagine - 133 illustrazioni - 33 tavole (IV edizione) . . . . . **L. 1.200**

Cerato P. L. - **I TUBI ELETTRONICI NELL'INDUSTRIA** - 148 pagine - oltre 200 illustrazioni - 35 tavole (II edizione) **L. 1.500**

Cerato P. L. - **CIRCUITI FONDAMENTALI NELL'ELETTRONICA INDUSTRIALE** - 114 pagine - 100 illustrazioni (III edizione) **L. 1.200**

Mazza E. - **I DIODI AL GERMANIO ED AL SILICIO** - 148 pagine - 190 illustrazioni - 23 tavole (III ediz. ampliata) . **L. 1.500**

Cerato P. L. - **I GRUPPI WARD LEONARD** - composizione - funzionamento - realizzazioni elettroniche - applicazioni - 144 pagine - 140 illustrazioni (III edizione) . . . . **L. 1.400**

Cerato P. L. - **AMPLIFICATORI MAGNETICI** - 124 pagine - 149 illustrazioni (III ediz.) . . . . . **L. 1.500**

Mazza E. - **TRANSISTORI: COSTITUZIONE E IMPIEGO PRATICO** - 180 pagine - 170 figure - IX tabelle - 9 tavole (III edizione) **L. 1.800**

Borgonuovo C. - **REGOLAZIONE AUTOMATICA** - 236 pagine - 205 illustrazioni - 18 tavole . . . . . **L. 2.000**

Swoboda R. - **THYRISTOR** - 102 pagine - 61 illustraz. **L. 1.000**

Flego M. - **CONTROLLO NUMERICO DELLE MACCHINE UTENSILI** - 90 pagine - 92 illustrazioni . . . . . **L. 1.000**

Apel K. - **CIRCUITI ELETTRONICI DI CONTEGGIO** - 136 pagine - 103 illustrazioni . . . . . **L. 1.500**

Karpov V. J. - **I TRANSISTORI NEI CIRCUITI DI STABILIZZAZIONE** - 116 pagine - 63 illustrazioni - 10 tabelle . . **L. 1.200**

Figini G. - **I CIRCUITI LOGICI STATICI E LE LORO APPLICAZIONI NEGLI AZIONAMENTI INDUSTRIALI** - 104 pagine - 110 illustrazioni - 8 tabelle . . . . . **L. 1.000**

Vivona V. - **GLI ELABORATORI ELETTRONICI** - Principi di funzionamento - Sistemi operativi - Linguaggi - 208 pagine - 116 illustrazioni - 13 tabelle . . . . . **L. 2.000**

Telecomunicazioni

Lucantonio F. - **TEORIA E TECNICA DEI CIRCUITI DI COMMUTAZIONE TELEFONICI** - 576 pagg. 450 illustr. - 32 tabelle **L. 7.000**

Gandais M. - Sanneris A. - **PRINCIPI DI TRAFFICO TELEFONICO** - Opera in due volumi, di complessive 850 pagine con oltre 400 figure e tre tavole fuori testo . . . . . **L. 14.000**

Luceri M. - **IL TELEFONO** - 236 pagine - 220 illustraz. **L. 2.000**

EDITORIALE DELFINO - 20135 MILANO

VIA SIMONE D'ORSENIGO, 25 - TELEF. 58.49.32 / 58.49.71

MAGRINI

FABBRICHE RIUNITE MAGRINI - SCARPA E MAGNANO M.S.M.

BERGAMO Via L. Magrini, 7 - Tel. 235.444 - Telex: 30.135 MAGRINI

- quadri e banchi di manovra normalizzati - quadri protetti normalizzati per interno e per esterno, per bassa e media tensione, con apparecchiature sezionabili ed estraibili - interruttori automatici in aria, contattori, teleruttori fusibili
- sezionatori per bassa tensione - interruttori per media ed alta tensione in aria a deionizzazione magnetica, ad aria compressa, in olio e ad olio ridotto, ad esafluoruro di zolfo - interruttori semirapidi ed extrarapidi per corrente continua -
- sezionatori, fusibili e sezionatori sotto carico per media ed alta tensione - trasformatori di corrente e di tensione - relé diretti ed indiretti - scaricatori autovalvola per la protezione dalle sovratensioni

ALTA • MEDIA • BASSA TENSIONE

PROP. N. 146

◆ Una organica raccolta di schemi
◆ Una guida preziosa
per la progettazione ed il disegno
di impianti civili ed industriali

GINO DEL MONACO

Atlante dei circuiti

Volume in formato UNI A5,
344 pagine, oltre 580 illustrazioni
e schemi ampiamente commentati, 129 tavole
Edizione rilegata L. 3500

Il volume è destinato agli studenti della specialità elettrotecnica ed ai tecnici delle industrie che si interessano di circuiti elettrici per qualsiasi motivo.

Tale polivalenza è giustificata dal contenuto consono ai vigenti programmi ministeriali ed improntato ad una forma prettamente industriale che caratterizza l'intera opera.

Un cenno particolare meritano gli schemi compilati con il metodo « **Funzionale** » oggi ufficialmente sancito dal CEI ed entrato nella pratica delle migliori ditte elettrotecniche.

L'accostamento del lettore a tale metodo di rappresentazione dei circuiti elettrici è facilitato dalla graduale difficoltà di esecuzione e interpretazione degli schemi, nonchè dai numerosi esempi di confronto con i corrispondenti schemi redatti nelle forme tradizionali.

Poichè gli schemi degli impianti, anche i più complessi, altro non sono che un ragionato mosaico di più elementi fondamentali, l'Autore ha ritenuto opportuno dare ampio sviluppo a questi ultimi non trascurando, naturalmente, i più caratteristici esempi di assieme.

Descrizioni e commenti sono stati volutamente ridotti all'indispensabile e con stretto riferimento agli schemi senza sconfinare in argomenti di pertinenza di opere di altro genere.

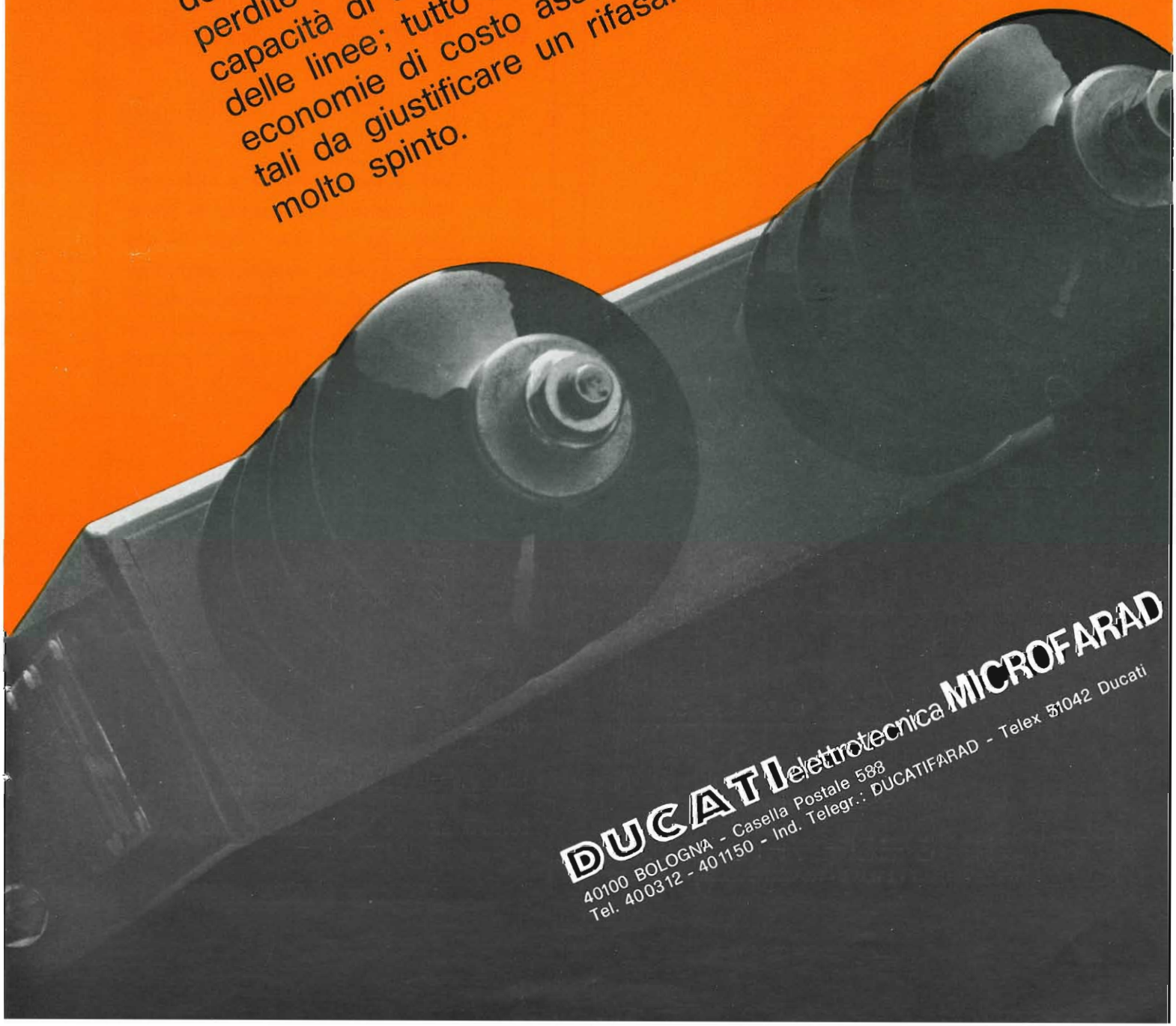
ALCUNI DEGLI ARGOMENTI TRATTATI

- **CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA CORRETTA ESECUZIONE DI UNO SCHEMA ELETTRICO.**
  Selettività grafica degli schemi; richiami alle vigenti Norme CEI in materia di schemi; gli schemi unifilari, multifilari e gli SCHEMI FUNZIONALI.
- **SCHEMI DI IMPIANTI NEGLI EDIFICI CIVILI.**
  Distribuzione dell'energia per i servizi luce e forza motrice, impianti di illuminazione e sistemi di comando; segnalazioni acustiche e luminose.
- **SCHEMI DI IMPIANTI INDUSTRIALI.**
  Contattori e sistemi di comando: sezionatori ed interruttori e relativi sistemi di manovra, inserzione delle macchine in corrente continua ed alternata; strumenti di misura e loro collegamento, diretto ed indiretto, relè e sistemi di protezione delle macchine elettriche; regolari di tensione; circuiti in parallelo, impianti di rifasamento.
- **ESEMPI DI IMPIANTI COMPLETI.**
  Distribuzione di luce e forza motrice nelle abitazioni civili. Impianti industriali: carica batterie; sollevamento acqua; cabine di trasformazione, ecc.

Richiedetelo ai migliori librai specializzati in opere tecniche, o direttamente alla :

EDITORIALE DELFINO
VIA SIMONE D'ORSENIGO, 25 ◆ 20135 MILANO

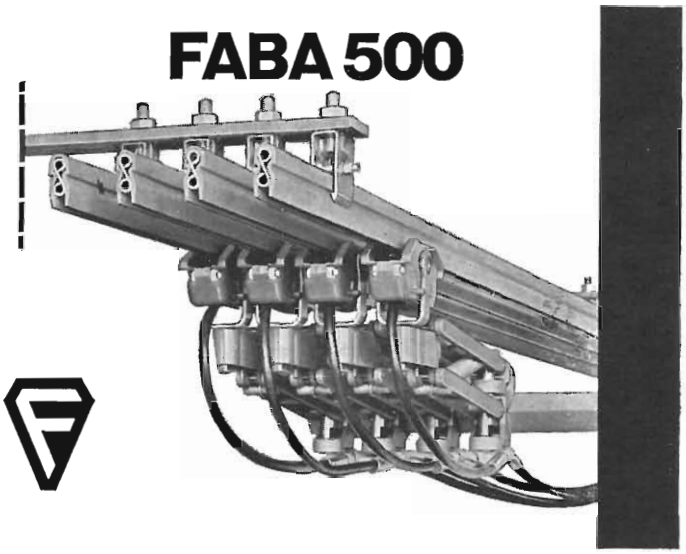
un razionale rifasamento dei carichi di un impianto industriale consente: diminuzione delle cadute di tensione con conseguente miglior rendimento delle macchine operatrici, minori perdite nei conduttori, aumento della capacità di carico dei trasformatori e delle linee; tutto ciò si traduce in economie di costo assai importanti e tali da giustificare un rifasamento molto spinto.



DUCATI elettrotecnica MICROFARAD
40100 BOLOGNA - Casella Postale 588
Tel. 400312 - 401150 - Ind. Telegr.: DUCATIFARAD - Telex 51042 Ducati

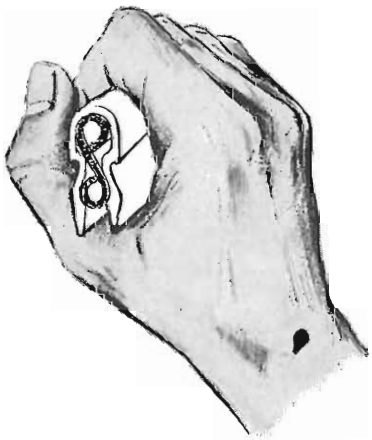
Sistema conduttore

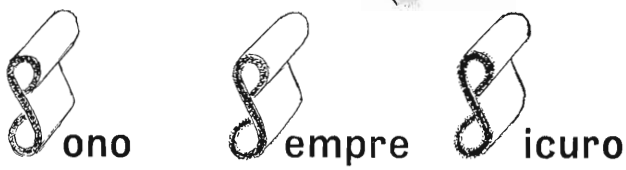
FABA 500



antinfortunistico

a linee protette di scorrimento





all'aperto o al chiuso

per **ogni impianto di elettrificazione mobile,** in serie da 100, 200, 300, 500 A - sino a 1000 V fra — 40 °C e 175 °C.

Costo meno, servo di più e assisto sempre

Per particolari, studi, preventivi, rivolgetevi a:

KIEPE ELECTRIC S. p. A.

Via Anacreonte, 7 - MILANO - Tel. 2899742/2895979 - Telex 32446

TERZA EDIZIONE

ENRICO MAZZA

TRANSISTORI

Costituzione ed impiego pratico

Questa nuova edizione è stata notevolmente ampliata rispetto la precedente, sia per tener conto dei progressi realizzati in questo particolare settore della tecnica elettronica, sia dei tipi di transistori realizzati recentemente dai costruttori. Particolarmente interessante si presenta la parte dedicata alle applicazioni dove è stato riportato, tra l'altro, lo schema di un televisore completamente transistorizzato.

L. 1800

Richiedetelo a:

EDITORIALE DELFINO

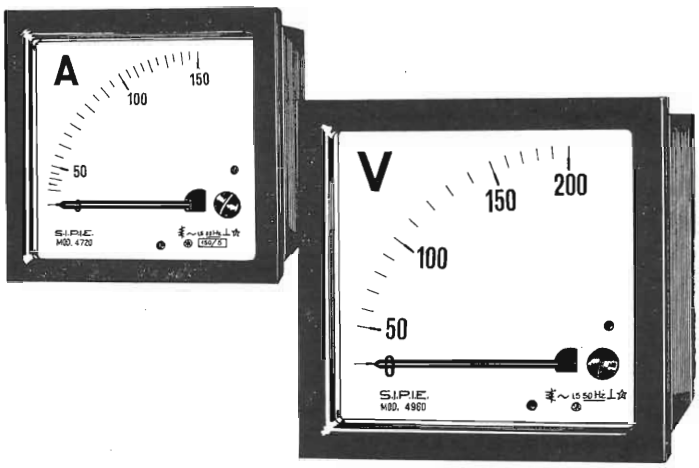
20135 MILANO - VIA SIMONE D'ORSENIGO, 25

PROGRAMMA
DI PRODUZIONE

SERIE UNIFICATA
SERIE COLPLEX
SERIE PROFESSIONALE
SERIE ANTIPARALLASSE
SERIE INDUSTRIALE
SERIE DA QUADRO
CONTATORI
REGISTRATORI
RIDUTTORI DI CORRENTE
RIDUTTORI DI TENSIONE
VARIATORI DI TENSIONE
REOSTATI LINEARI
STRUMENTI INDUSTRIALI
STRUMENTI DA LABORATORIO

STRUMENTI

da quadro
e da pannello



amperometri
voltmetri
wattmetri
cosfimetri
frequenzimetri

S.I.P.I.E. **S.p.A. - MILANO**
20158 MILANO
Via Monte S. Genesio, 23 • Tel. 67.99.50 - 68.83.216

Al servizio del TEATRO!

dalla grande scena dell'opera
al circo, dal teatro stabile
al teatro ambulante...

- **Manipolatori di ogni tipo**
- **Proiettori ed accessori**

A D B

Manipolatori ADB, tipo D1T

Esecuzione per impianti fissi e per impianti portatili.
Regolazione e manovra fino a 48 circuiti, da 2 a 5 kw.

Un impianto di tipo fisso è stato fornito allo Spett. Teatro della Accademia dei Filodrammatici di Milano.

Un impianto di tipo portatile è stato fornito allo Spett. Teatro Stabile di Torino.

Un impianto di tipo fisso è stato fornito allo Spett. Teatro Gobetti di Torino.

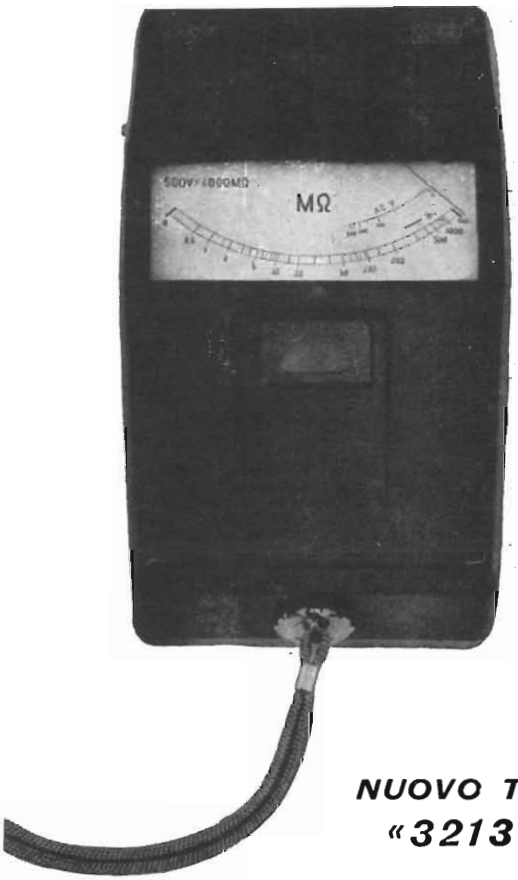
PAGLIERO
COMMERC. INDUSTR. MATER. ELETTRICO

CORSO DI PORTA ROMANA, 72
MILANO

TELEFONO N. 59.34.10
IND. TELEG. PAGLIELECTRIC - MILANO
CODICE TELEGRAFICO: A.B.C. 5ª EDIZ.

YEW GIAPPONE

NUOVO SENSAZIONALE MISURATORE DI ISOLAMENTO TRANSISTORIZZATO PORTATILE



NUOVO TIPO «3213»

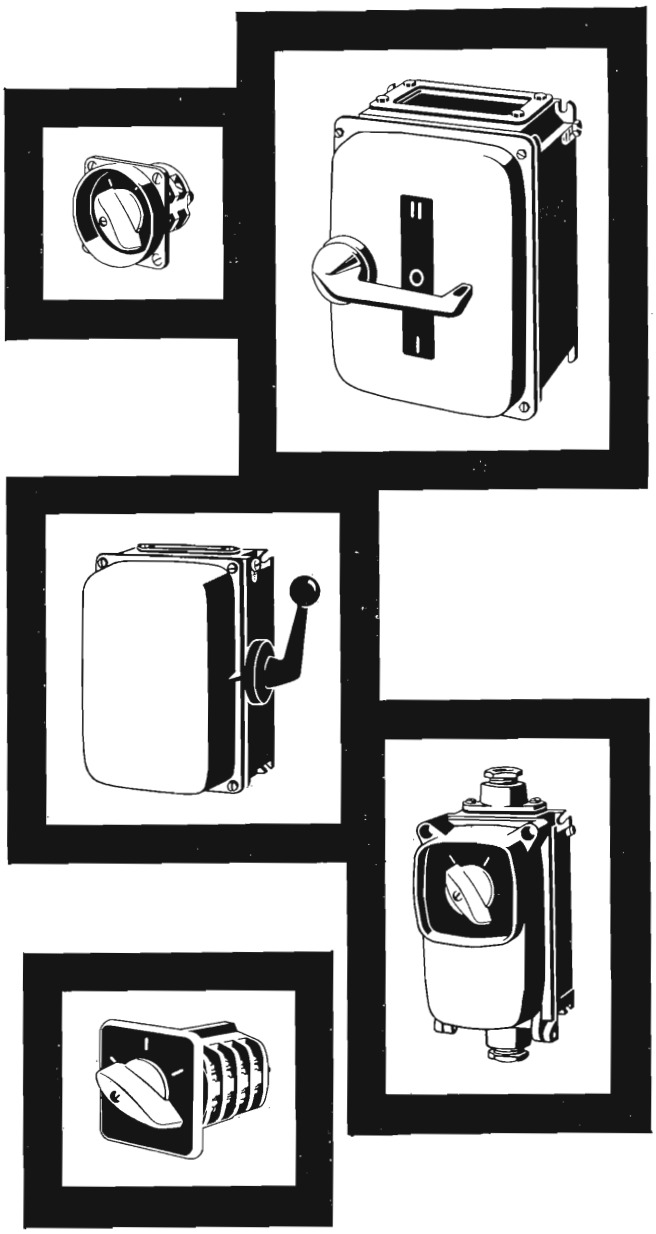
STRUMENTO INDICATORE A FILI TESI
(sopporta fino a 2000 volte il sovraccarico)

- **TENSIONI DI PROVA FINO A 1000 V.**
- **INOLTRE SCALA VOLTMETRICA C.A.**
- **FUNZIONAMENTO CON PILE A SECCO DI LUNGA DURATA** (elimina l'uso del generatore a manovella)
- **ROBUSTO - LEGGERO**
- **CON NUMEROSI ACCESSORI DI CORREDO**
- **GARANTITO PER 12 MESI**

Questo rivoluzionario misuratore di isolamento con voltmetro incorporato Vi permette, con minima spesa, di attrezzarvi con uno strumento ormai indispensabile anche al piccolo e medio installatore.
Listini illustrativi e prezzi a richiesta.
La Yew costruisce inoltre (fra gli altri strumenti) misuratori di isolamento a manovella e misuratori di terre.

AGENTE ESCLUSIVO PER L'ITALIA

VIANELLO
Sede: 20122 MILANO - Via Crivelli 12 - Telefoni 553811 - 553081
Filiale: 00185 ROMA - Via S. Croce in Gerusalemme 97 - Tel. 772250/941



INTERRUTTORI CAM

Interruttori, commutatori, invertitori, avviatori stella-triangolo, variatori di poli, una serie completa di apparecchi da 16, 25, 40, 63, 100, 200, 400, 600, 800 A 500 V destinata al comando di motori, circuiti luce e segnalazione, apparecchi a resistenza ed ogni altra applicazione dove si riscontrino gravose condizioni di impiego. ■ E' possibile la realizzazione di qualsiasi schema. ■ Contatti in lega d'argento a doppia rottura, materiali isolanti impiegati e studio accurato delle camere d'arco conferiscono a questa serie una elevata capacità di rottura. ■ Tutti gli organi sono caratterizzati da grande semplicità e robustezza. ■ Gli apparecchi di comando della SERIE CAM, negli schemi più richiesti, sono forniti in tutte le esecuzioni per gli impianti più disparati: da quadro, da incasso per macchine, per armadi e contenitori, in cassetta con e senza valvole, a manovra frontale o laterale, a cupola; tutti rispondenti alle disposizioni di legge vigenti (D.P.R. 547 Antinfortuni e Legge 186 Norme CEI). Richiedete senza impegno il materiale illustrativo.

apparecchiature elettriche di sicurezza

Palazzoli

25100 BRESCIA Via Tommaseo, 20 tel. (030) 304 861 (5 linee)

trattamento chimico delle prese di terra

come
le radici
di un albero
la presa di terra
esige
un terreno

Sanick gel®

brevettato e prodotto in Italia

fortissima riduzione della resistenza di terra - durata del trattamento per molti anni

Informazioni tecniche a richiesta:

TECNIMEX s.r.l.

VIA PANFILO CASTALDI, 8
20124 MILANO - TEL. 639770

Movimenti ad orologeria per apparecchi registratori a nastro continuo - a disco - a tamburo - con carica 8 gg. - con carica elettrica - con motorino sincrono - **produzione di alta classe**

APPARECCHI REGISTRATORI DEI TEMPI

sistema **DAL BRUN**

a 1 - 2 - 5 - 10 - 20 penne scriventi senza inchiostro

Movimenti per manometri ingranaggi di precisione fino a m. 1,5

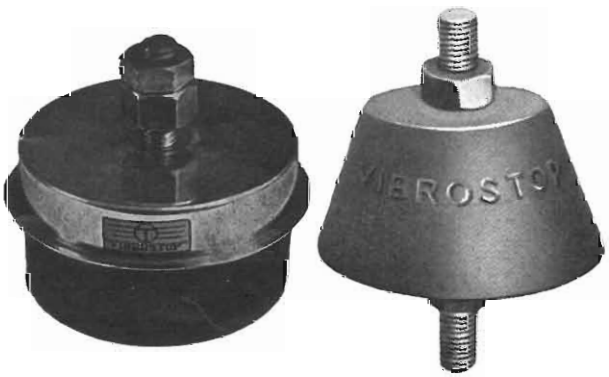
Fabbrica Italiana Orologerie per Usi Tecnici e Scientifici

Ing. S. DAL-BRUN & Figlio

20153 MILANO - Via B. Diotti, 43 - Tel. 45.90.191

VIBROSTOP

AMMORTIZZATORI DI VIBRAZIONI



SISTEMAZIONI ED IMPIANTI ANTIVIBRANTI PER TUTTE LE APPLICAZIONI

VIBROSTOP - 20144 MILANO, Via Savona, 125 - Tel. 42.24.534

KIEPE ELECTRIC

COMUNICATO

Breve ed interessante per Voi:

RYAM

CONTATORI DIGITALI

in custodia normalizzata da 3 a 5 decadi

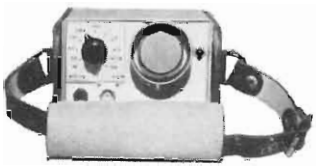
Ingresso regolabile del formatore d'impulsi con controllo a porta
Azzeramento manuale ed esterno
Avvio-arresto e possibilità di collegamento a stampatrice
Frequenza max di conteggio: 100 kHz
Forma del segnale d'ingresso a piacimento

La RYAM risolve i problemi di conteggio elettronico

THEIMEG

il minioscilloscopio

Gamma di frequenza:
3 Hz ÷ 2 MHh
3 Hz ÷ 6 MHz



Precisione: 5%, dimensioni 230 x 110 x 70 mm
Portatile - di facile impiego
Alimentazione a pila o direttamente dalla rete
Peso: ca 1,2 kg

THEIMEG - per misure con apparecchi portatili

ZENTRO

ALIMENTATORE DA LABORATORIO

Tensione e corrente costanti
0,3 ÷ 30 V/0,1 ÷ 1 A

stabilità:
tensione 3000: 1 / corrente 1000: 1
Ondulazione residua:
Tensione ≦ 500 μVpp / corrente ≦ 500 μApp
Dimensioni 219 x 88 x 210 mm

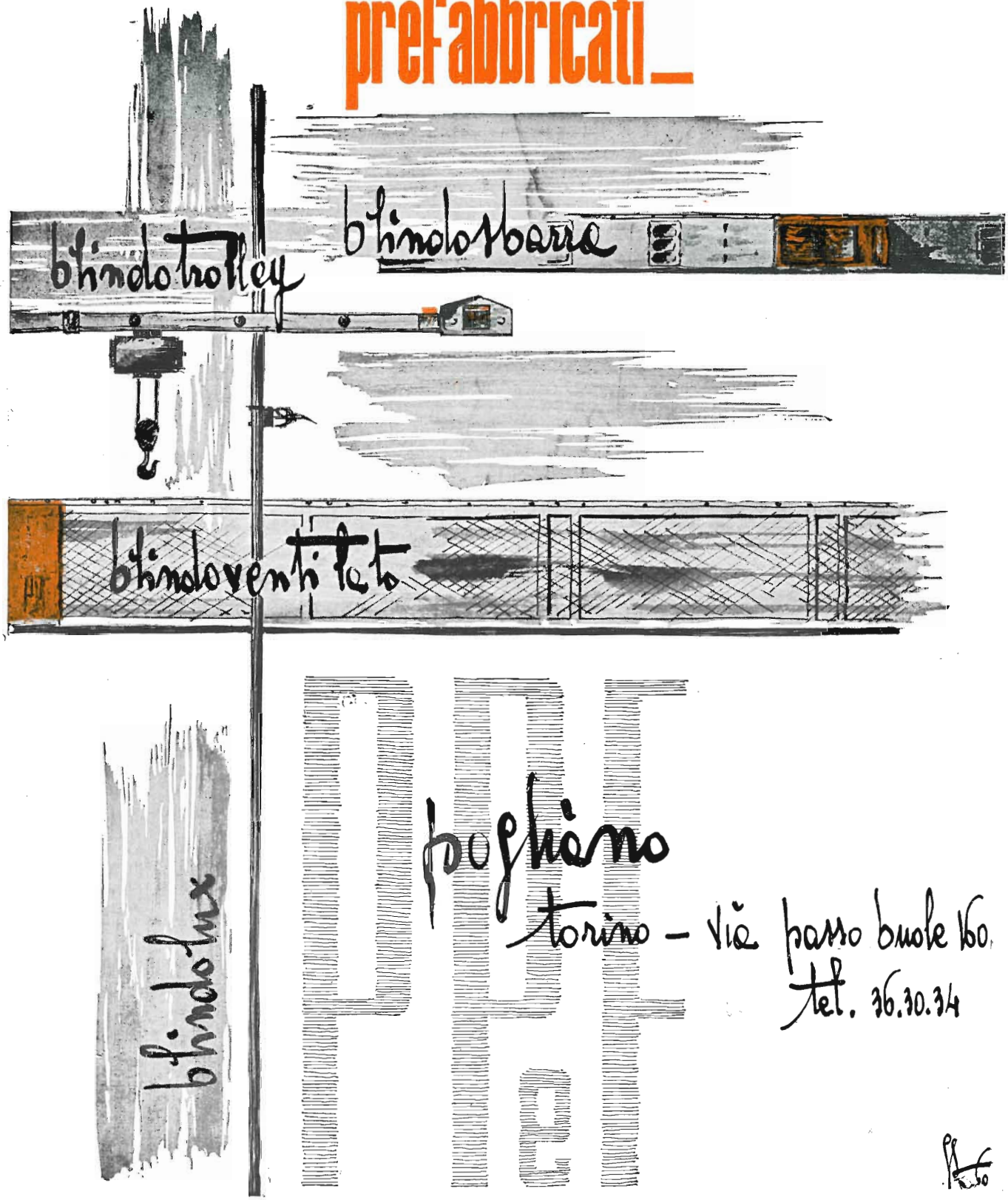
• **ZENTRO - Alimentatori su misura** •

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA:

KIEPE ELECTRIC S.p.A.

VIA ANACREONTE, 7 - 20132 MILANO
TEL. 2899.742 TELEX 32446

impianti elettrici industriali prefabbricati



PPI

pogliano

torino - via passo buole 160.

tel. 36.30.34

Catalogo 018 Aprile 1970

Unimes

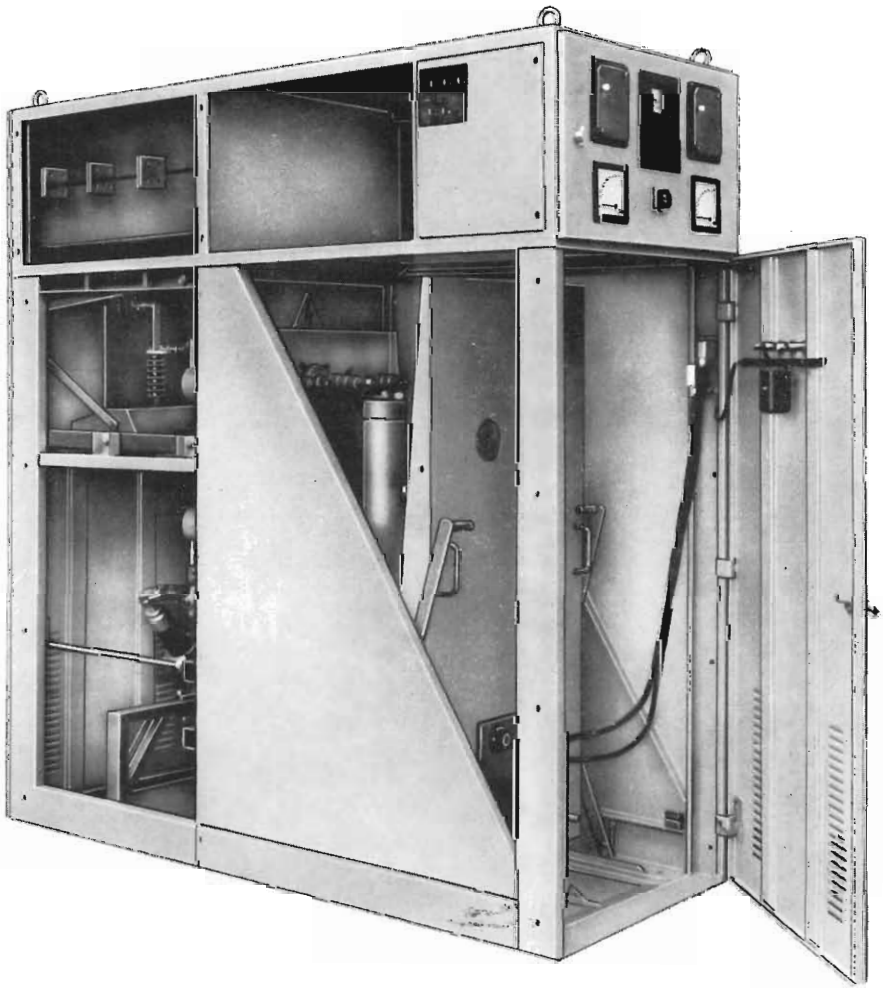
QUADRI PREFABBRICATI DI MEDIA TENSIONE TIPO ESTRAIBILE

- **7,2 - 12 - 17,5 - 24 kV**
- **630 - 800 - 1000 - 1600 - 2000 A**
- **A SEMPLICE E DOPPIO SISTEMA DI SBARRE**
- **NORME CEI - IEC**

Nei quadri **UNIMES** sono montati interruttori in olio ridotto serie **OR** con comando, di chiusura ed apertura, tipo **MR** a ricarica manuale o **MRm** con ricarica a motore o manuale. Entrambi i comandi sono previsti per eseguire la richiusura rapida.

Oppure possono essere montati interruttori di manovra-sezionatori serie **SAS** con o senza fusibili.

- unità compatte, indipendenti e prefabbricate
- installazione assai semplice e rapida
- serie di interblocchi meccanici ed elettrici atti ad evitare qualsiasi falsa manovra sia nella messa in servizio, che nella messa fuori servizio del quadro
- facilità di realizzazione di qualsiasi schema relativo a cabine di distribuzione e smistamento
- esecuzione per interno, per esterno e per climi tropicali
- interruttori in olio ridotto **OR** estraibili con tre posizioni distinte « inserito » - « sezionato con possibilità di prova » - « estratto »
- interruttori di manovra-sezionatori serie **SAS** estraibili con due posizioni distinte « inserito » ed « estratto »



- **TA** fissi o sezionabili col carrello degli interruttori
- **TV** fissi o sezionabili su carrello proprio

VANOSSI s.p.a.

20139 MILANO

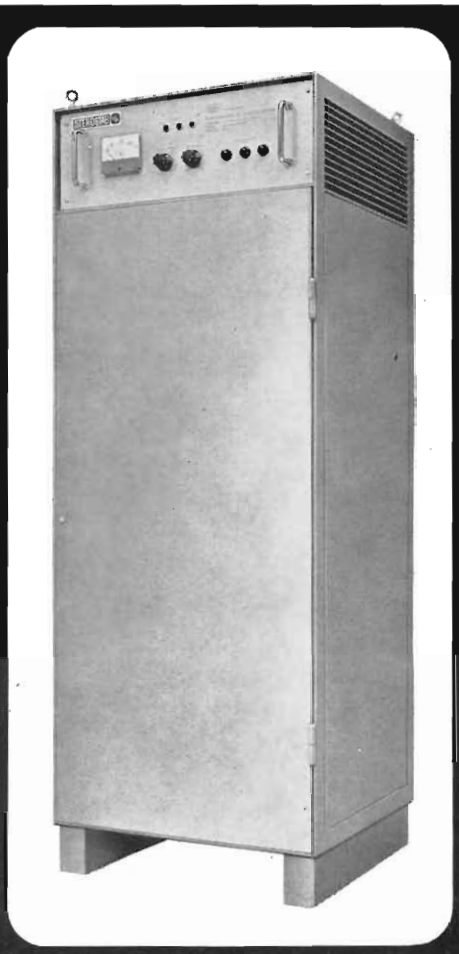
VIA OGLIO, 12

TEL. 56.30.12-13-14

Uffici Regionali:

80141 NAPOLI - Via Tutti i Santi, 3 - Tel. 35.49.60
50144 FIRENZE - Via G.B. Lulli, 64 - Tel. 36.60.01
30172 VENEZIA-MESTRE - Via Torino 59 - Tel. 50.165
10137 TORINO - Corso Sebastopoli, 235 - Tel. 32.44.39
00162 ROMA - Circonvallaz. Nomentana 182 - Tel. 839.47.59

AGENTI IN TUTTE LE REGIONI D'ITALIA



stabilitá di tensione? nessun problema!

SIREA PRINT

STEROSTAB

STABILIZZATORI AUTOMATICI
DI TENSIONE MONOFASI E TRIFASI
POTENZE DA 3 A 300 KVA

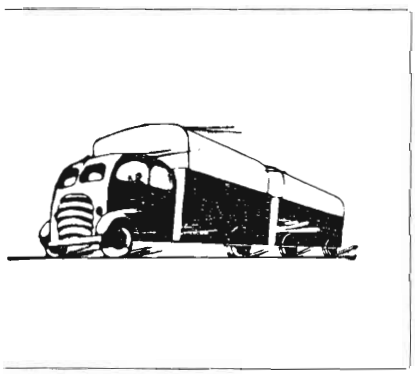
Elevata velocità di risposta.
Alta precisione.
Insensibilità alle variazioni di carico.
Rendimento elevatissimo.
Nessuna distorsione armonica.

IREM
RADDRIZZATORI

Via Vaie 32/a
10050 S. Antonino di Susa
(Torino) tel. 963933

ATAM

S. r. L.

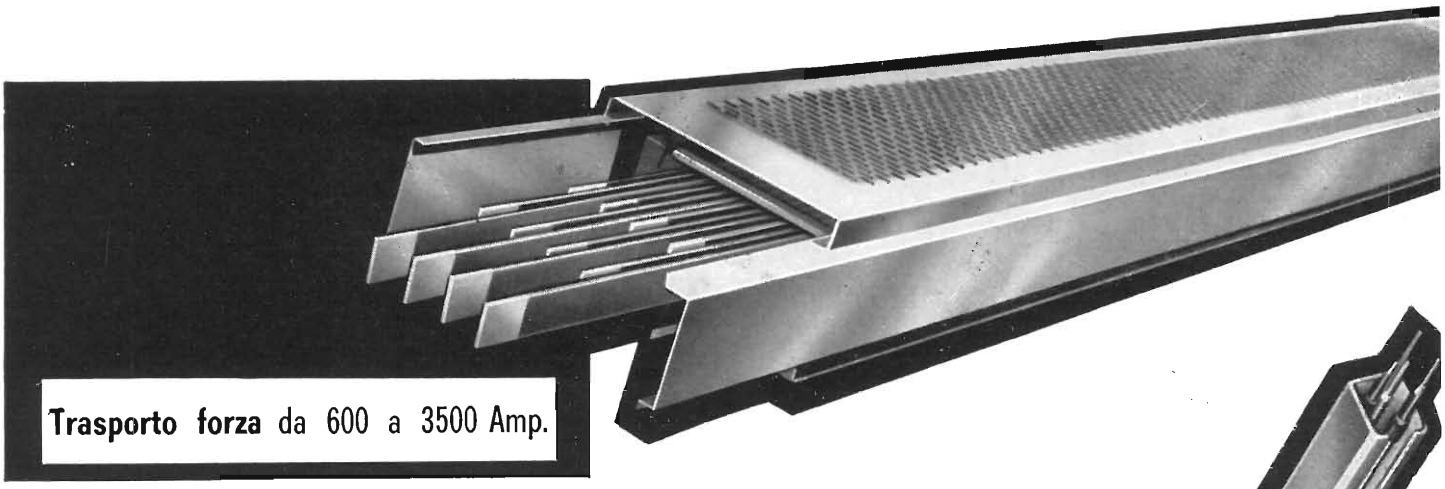


Trasporti industriali con autotreni di grande e media portata da e per ogni destinazione.

Via Rezia, 7 – **20135 Milano** – Tel. 59.32.55 - 59.80.14

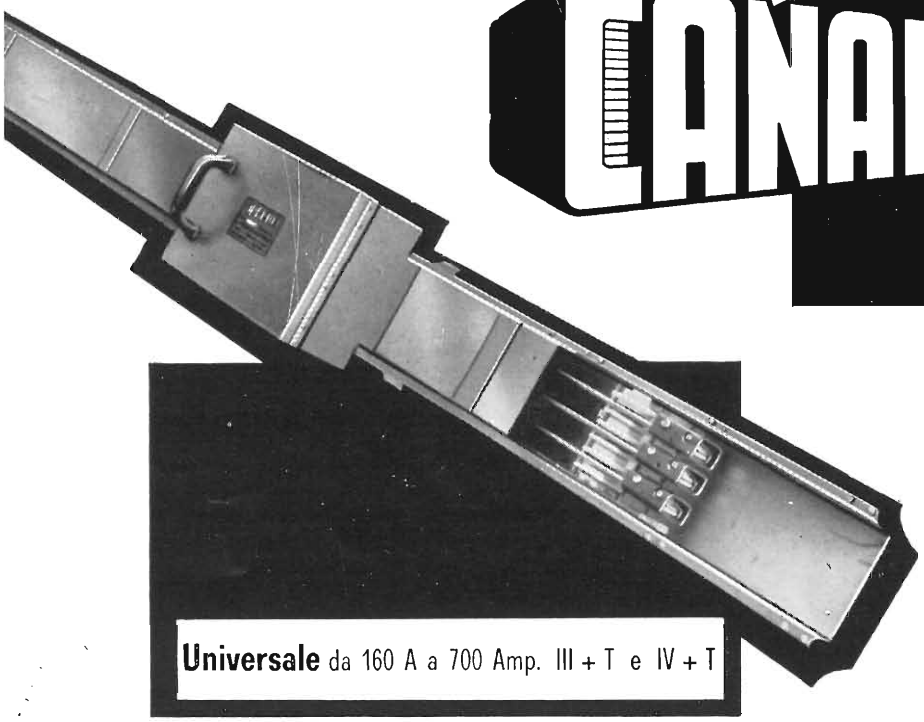
LINEE ELETTRICHE PREFABBRICATE

una gamma completa di elementi prefabbricati per le vostre installazioni



Trasporto forza da 600 a 3500 Amp.

CANALIS



Universale da 160 A a 700 Amp. III + T e IV + T

Luce - da 63 A bipolare e tripolare

(44)

Costruzione su licenza de
LA TÉLEMÉCANIQUE ÉLECTRIQUE
Parjs - Nanterre

PIANELLI & TRAVERSA

Amministrazione - Direzione e Stabilimento: RIVOLI - CASCINE VICA - C.so IV Novembre, 53 - Tel. 95.94.97 - 95.95.92

Ufficio Commerciale: TORINO - CORSO FRANCIA 2/ter - (Angolo Piazza Statuto) - Telefoni: 51.21.37 - 51.24.71

RELE' BIFASE TRANSISTORIZZATO DI MINIMA TENSIONE

TIPO RVE 248

- RELÈ METRICI
- MICROMOTORI
- RELÈ AUSILIARI
- RELÈ DI POTENZA
- RELÈ DIREZIONALI
- RELÈ DI FREQUENZA
- RELÈ TEMPORIZZATI
- RELÈ DIFFERENZIALI
- PROGRAMMATORI CICLICI
- VERIFICATORI DI SINCRONISMO
- RELÈ ELETTRONICI A TRANSISTORI
- PROTEZIONI DI CORRENTE E TENSIONE
- RELÈ ELETTRONICI PER RICHIUSURA INTERRUTTORI

- TEMPO INDIPENDENTE
- GAMME NORMALI DI REGOLAZIONE CON RAPPORTO 1:2 TRA IL MINIMO E MASSIMO (VALORI DI FONDO SCALA)
- ALIMENTAZIONE AUSILIARIA IN c.c. O c.a.
- PRECISIONE SUI VALORI PREFISSATI DELLA TENSIONE D'INTERVENTO : ± 3 %
- PRECISIONE SUI VALORI PREFISSATI DEL TEMPO D'INTERVENTO : ± 2 %
- RAPPORTO DI DISECCITAZIONE: 97 ÷ 98 %
- CONSUMO RIDOTTO

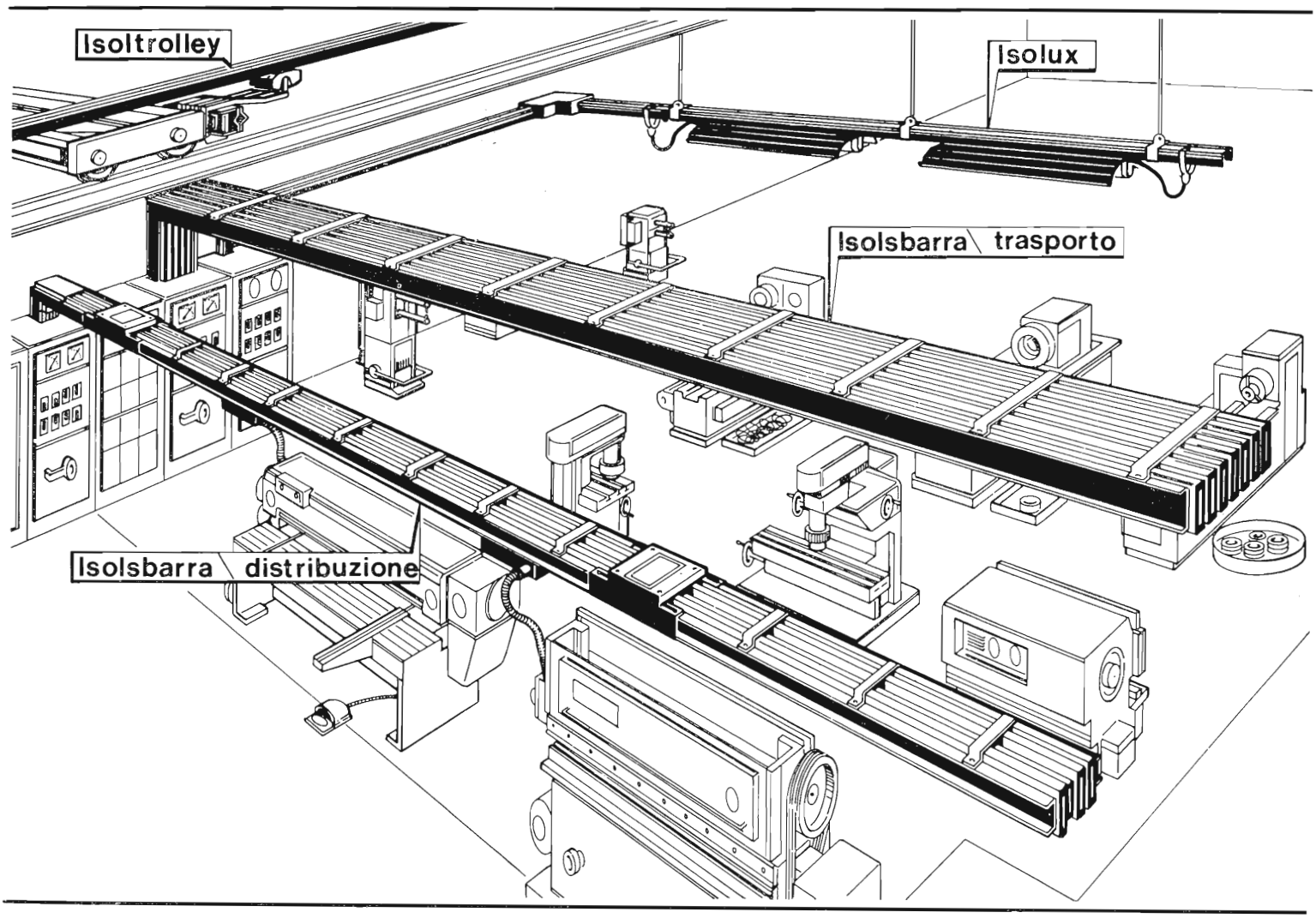
FIR
S. PELLEGRINO

FABBRICA ITALIANA RELÉ S. P. A.

Sede e Stabilimento: 24016 S. PELLEGRINO TERME (Bergamo) - ITALIA
via Viscardi - Tel. 21.128 - 21.236

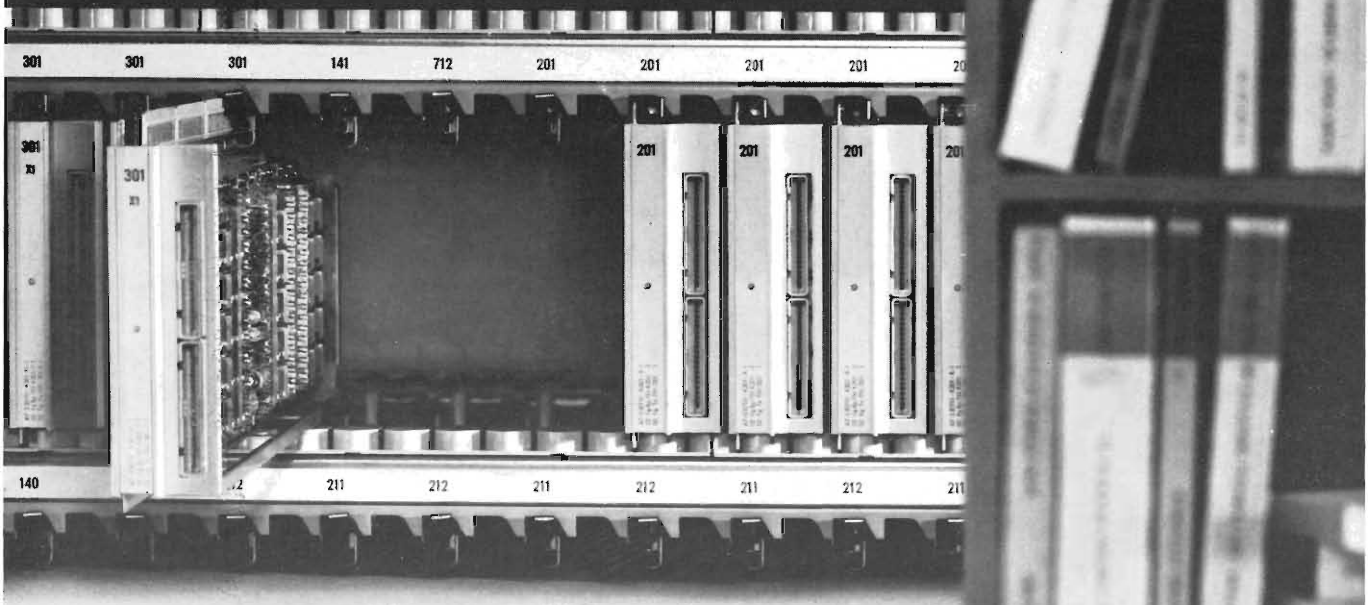
AGENTI DI VENDITA NELLE PRINCIPALI CITTÀ

elettrocondotti prefabbricati ad isolamento totale



GRAZIADIO & C. S. A. S.
Via Pellice 75
10098 Rivoli - Torino
Tel. 95.64.72 - 95.02.09

CENTRALINI TELEFONICI "CROSSPOINT" A RELE' RAPIDI ESK



come in una libreria...

semplicità di montaggio, facile accessibilità
a tutte le parti componenti il sistema,
rapidità di adeguamento a diverse esigenze di servizio
senza sospendere il funzionamento dell'impianto,
compattezza dell'insieme, limitato ingombro: ecco alcuni vantaggi della tecnica
ad elementi modulari sfilabili, inseriti nei centralini "crosspoint" come volumi in una libreria.
Gli organi di commutazione sono racchiusi in armadi di linea moderna a tenuta di polvere,
da appoggiare semplicemente al pavimento senza bisogno di ancoraggio.
E in più con la tecnica a relè rapidi: massima rapidità di commutazione,
silenziosità, perfetta adattabilità alle esigenze del traffico,
ottima qualità di conversazione, elevata sicurezza di funzionamento,
lunga durata, manutenzione irrilevante, in definitiva i più bassi costi di esercizio.

SOCIETA' ITALIANA TELECOMUNICAZIONI SIEMENS s.p.a.

Sede, direzione generale e uffici: 20149 Milano p.le Zavattari, 12 - tel. 4388

TELECOMUNICAZIONI AUSO SIEMENS

COMITATO REDAZIONALE

ALBERTO BANDINI BUTI
ERNESTO CARBONE
LUIGI CIBRARIO
GUIDO CLERICI
EMILIO COMETTA
ENZO COPPI
GINO DEL MONACO
GIACOMO PALEARI
ANTONIO SPREAFICO
CAMILLO VOLPI
ERNESTO ZACCARA

•

REDATTORE CAPO
VITTORIO RE

•

DIRETTORE RESPONSABILE
LUIGI RUSCONI

È vietata la riproduzione anche parziale degli articoli, fotografie, disegni senza la preventiva autorizzazione della *EDITORIALE DELFINO*. Manoscritti, fotografie e disegni non si restituiscono anche se non pubblicati. Le opinioni degli Autori e dei Collaboratori non impegnano la Direzione della rivista.

•

CONDIZIONI DI ABBONAMENTO

Italia	*Annuale*	*L.*	7.000
	Semestrale	»	4.000
	Un numero separato	»	700
Estero	*Annuale*	*L.*	14.000
	Semestrale	»	8.000
	Un numero separato	»	1.400

Un numero arretrato il doppio

•

PUBBLICAZIONE MENSILE
edita dalla **EDITORIALE DELFINO**
Via S. D'ORSENIGO 25 - 20135 MILANO
DIREZIONE - AMMINISTRAZIONE
REDAZIONE - PUBBLICITÀ
VIA SIMONE D'ORSENIGO, 25
TELEF. 584.932/584.971

•

Spedizione in abbon. Postale Gruppo III
Conto Corrente Postale numero 3/24942

La pubblicità non supera il 70% della superficie totale della rivista.

ELETTRIFICAZIONE

RIVISTA GENERALE DELLE APPLICAZIONI DELL'ENERGIA ELETTRICA

12

DICEMBRE 1970

•

SOMMARIO

pag.

Micron - Alternatori per centrali nucleari **609**

F. Coppadoro - Funzionamento in parallelo dei trasformatori . . **620**

Micron - Caratteristiche degli alternatori ad alta frequenza . . **629**

D. Armanini - La misura della frequenza di rete **635**

— Gli impianti centrali operativi di Bologna **639**

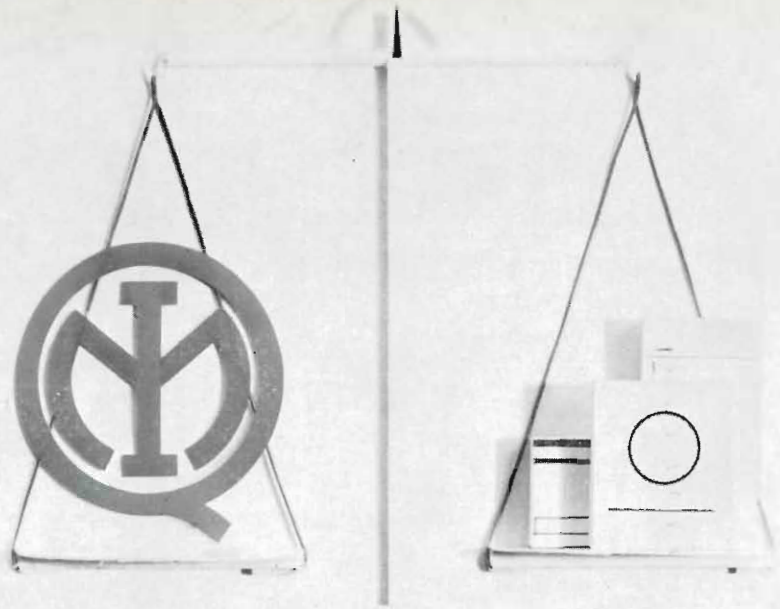
— Nuova società nel campo dell'energia elettrica e nucleare . **644**

— Consulenza tecnica **645**

— APPARECCHIATURE, MACCHINE, MATERIALI **646**
Indicatore di temperatura portatile - Sistemi elettroottici - Cavi in neoprene - Misura del fattore di perdita e della capacità - Pirometro ottico a filamento scomparente.

— SEGUENDO LA CRONACA **648**
Apparecchio maneggevole per la respirazione artificiale - Le più grandi macchine per cavi ad alta tensione - La tecnica della Cyanamid messa a profitto per depurare le acque fangose del Mississipi.

SUPPLEMENTO AGGIUNTO:
ELETTRONICA INDUSTRIALE ED ENERGIA NUCLEARE
(Vedere indice nella seconda parte del fascicolo)



LA LEGGE
E' UGUALE PER TUTTI

Dal numero 77 della **GAZZETTA UFFICIALE:** Legge 1° marzo 1968, n. **186.**
Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici.

La Camera dei Deputati ed il Senato della Repubblica hanno approvato;

IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA promulga la seguente legge:

Art. 1 - Tutti i materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte.

Art. 2 - I materiali, le apparecchiature, i macchinari, le installazioni e gli impianti elettrici ed elettronici realizzati secondo le norme del comitato elettrotecnico italiano si considerano costruiti a regola d'arte.

La presente legge, munita del sigillo dello Stato, sarà inserta nella Raccolta ufficiale delle leggi e dei decreti della Repubblica italiana. E' fatto obbligo a chiunque spetti di osservarla e di farla osservare come legge dello Stato.

Data a Roma, addì 1° marzo 1968 SARAGAT - Moro - Andreotti

ISTITUTO ITALIANO DEL MARCHIO DI QUALITA'

Nessun acquirente, all'atto dell'acquisto di un apparecchio elettrico o di un materiale elettrico, è in grado di valutare se esso è costruito « a regola d'arte », ossia se dà garanzie di sicurezza e di buon funzionamento per un tempo soddisfacente. L'acquirente non può evidentemente provvedere al collaudo per proprio conto. D'altra parte si sa che l'energia elettrica può essere una fonte di pericolo e gli apparecchi o i materiali non ben costruiti o facilmente deteriorabili possono diventare veramente pericolosi. E' stato perciò creato nel 1951 l'Istituto Italiano del Marchio di Qualità, ente coordinato al C.N.R. - Consiglio Nazionale delle Ricerche -, il quale ha il compito di accertare mediante collaudi e verifiche accurate se gli apparecchi e i materiali elettrici sono conformi alle norme del Comitato Elettrotecnico Italiano. La presenza del Marchio di Qualità su un apparecchio o su un materiale sta ad indicare che i collaudi fatti dall'Istituto Italiano del Marchio di Qualità sui prototipi sono stati positivi. L'Istituto poi ricontrolla periodicamente alcuni esemplari della produzione per accertare che essa mantenga sempre le caratteristiche richieste.

ISTITUTO ITALIANO DEL MARCHIO DI QUALITÀ
Via Zama, 40/1 - 20138 Milano - Tel. 505336 - 505366

L'Istituto del Marchio di Qualità pubblica un elenco dei cavi, materiali da installazione ed apparecchi ammessi al Marchio. Potrete richiederlo gratuitamente.

Studio Sironi 1223

Alternatori per centrali nucleari

MICRON

Si considerano, da vari punti di vista, l'influsso dei consistenti aumenti di potenza dei turboalternatori, in relazione alle attuali previsioni ed in funzione delle esperienze maturate sulle costruzioni già in corso di realizzazione. A tale scopo vengono illustrate le caratteristiche elettriche ed i criteri di dimensionamento dei turboalternatori impiegabili nelle centrali nucleari per le quali sono richieste macchine tetrapolari di grande potenza, malgrado il loro costo più elevato rispetto alla soluzione classica bipolare. Successivamente viene esaminato il problema delle perdite sulla superficie rotorica per poi svolgere un'ampia disanima dei sistemi di raffreddamento adottati, che prevedono il ricorso ad idrogeno, acqua o azoto. Numerose tabelle comparative consentono di completare il panorama di un settore in continua evoluzione tecnologica.

E' noto che nelle centrali nucleari, equipaggiate con macchinario di potenza unitaria molto elevata, gli oneri possono essere uguali o inferiori a quelli delle centrali convenzionali equivalenti.

Si può considerare come acquisito che, fino al 1980, verranno prevalentemente utilizzati i reattori ad acqua leggera e ciò benché l'utilizzazione dell'energia nucleare vi avvenga in modo peggiore di quanto si verifichi in altri tipi di reattori. E' altresì noto che, a causa delle caratteristiche del vapore e cioè della sua pressione e della sua temperatura, le turbine devono, in tal caso, venir previste per una velocità ridotta, ciò che spiega l'incrementata richiesta di turboalternatori tetrapolari di grande potenza, malgrado il loro costo più elevato rispetto alla soluzione classica bipolare.

Per i reattori a temperatura elevata, raffreddati a gas, tuttora in corso di sviluppo, si conta di poter ottenere ancora quelle caratteristiche del vapore che consentiranno il ritorno alla soluzione bipolare, con velocità quindi di 3 000 giri/min a 50 Hz e di 3 600 giri/min a 60 Hz. In considerazione quindi della rapidità con cui la situazione evolve, il costruttore deve essere pronto a produrre sia macchine tetrapolari che bipolari di grandissima potenza. Vista nel suo insieme, la situazione della costruzione degli alternatori per le centrali nucleari, valida fino al 1980, si presenta come segue:

TABELLA I

Ordini ricevuti	Messa in esercizio	Potenza del l'alternatore (MVA)	Numero di poli	Velocità giri/min
A tutt'oggi	1973-1975	1200 a 1400	4	1500/1800
1975	1978-1980	1700 a 2200	4	1800
	1975-1980	1200 a 1500	2	3000/3600

I valori delle potenze indicati più sopra coincidono con i valori limite dei turboalternatori nel prossimo decennio prevedibili a tutt'oggi.

Fra le macchine tetrapolari attualmente in fabbricazione presso diversi costruttori, una è già prevista per avere l'avvolgimento rotorico raffreddato ad acqua, mentre per tutte le altre il raffreddamento rotorico avviene ancora per mezzo dell'idrogeno.

Vediamo ora quale sia, da vari punti di vista, l'influsso, sui turboalternatori, dei consistenti aumenti di potenza che risultano dalle attuali previsioni o dalle costruzioni già in corso di realizzazione.

Le caratteristiche elettriche ed il dimensionamento dei turboalternatori

Di massima il dimensionamento dei turboalternatori tetrapolari non differisce molto da quello delle macchine bipolari oggi in costruzione. Interviene soltanto una modifica nella priorità delle grandezze che presiedono al dimensionamento, in quanto nell'alternatore tetrapolare i valori delle reattanze subtransitoria e transitoria sono più elevati ed è precisamente quest'ultima (seguita dal rapporto di corto circuito) che risulta determinante ai fini del suo dimensionamento. La suddetta evoluzione di priorità subirà un'ulteriore accentuazione quando si passerà al raffreddamento ad acqua in quanto ci si verrà, in tal modo, a liberare, in una certa misura, dal riscaldamento rotorico.

E' altresì opportuno menzionare che molti produttori di energia, anche negli Stati Uniti, sono inclini ad eccettare valori più ridotti per il rapporto di corto circuito e che, d'altro lato, i costruttori fanno ricorso a pressioni d'idrogeno sempre più elevate, per il raffreddamento rotorico.

I rotori bipolari trovano ovviamente un limite di carattere meccanico, che sussiste peraltro anche per i rotori tetrapolari (a 1 500 oppure a 1 800 giri/min) qualora essi siano costituiti da un solo massello, in relazione alle possibilità offerte dalla tecnica dei forgiati. Invece, nel caso di un rotore composito, con statore in esecuzione convenzionale

TABELLA II - *Limiti nel dimensionamento dei turboalternatori bi e tetrapolari.*

Numero di poli	Raffreddamento rotorico	Limite di dimensionamento	
		elettrico	meccanico
2	a gas	(K_c) Rapporto di corto circuito	Rotore
	ad acqua	(X'_d) Reattanza transitoria	Rotore
4	a gas	K_c e X'_d	Trasporto
	ad acqua	X'_d	Trasporto

in un sol pezzo, il limite è rappresentato anzitutto dalle necessità del trasporto.

Verrà di seguito indicato in quale misura si può far arretrare tale limite, ricorrendo a modifiche costruttive oppure a nuove concezioni di principio, tenendo presente, per i grossi alternatori tetrapolari, i 2 fattori determinanti e cioè la reattanza transitoria X_d e le esigenze del trasporto.

TABELLA III - *Valori abitualmente imposti per la reattanza transitoria* X'_d *e per il rapporto di corto circuito* K_c *nei grossi turboalternatori.*

	X'_d (p.u.)	K_c
Europa	0,40 a 0,45	0,35 a 0,45
Stati uniti	0,30 a 0,45	0,42 a 0,58

Stabilità e costo

Contrariamente a quanto si verifica per il rapporto di corto circuito non esiste, a tuttoggi, nessun valore limite prescritto dalle norme per X'_d.

La tabella III indica i valori medi che vengono richiesti in Europa e negli Stati Uniti per X'_d e K_c. E' mportante che, per X'_d, non vengano prescritti dei valori inutilmente troppo ridotti in quanto ne potrebbe derivare, in talune circostanze, un aumento notevole del prezzo e delle perdite della macchina. Uno studio approfondito delle condizioni di rete consente spesso di concludere che la stabilità necessaria può venire garantita per mezzo di un appropriato sistema di eccitazione e di regolazione della tensione.

Il paragone economico tra grossi alternatori con diversa X'_d e con diversi sistemi di eccitazione, si risolve sempre in favore del migliore sistema di eccitazione. Considerazioni analoghe intervengono nel confronto tra macchine con diversi rapporti di corto circuito K_c purché quest'ultimo non raggiunga valori troppo ridotti.

Mentre nel dimensionamento delle macchine si possono valutare economicamente le perdite in modo relativamente semplice non altrettanto si può dire della valutazione economica di X'_d, per la quale ci si deve avvalere anche del costo del sistema di eccitazione.

Il valore più vantaggioso di X'_d dipende largamente da quello delle perdite capitalizzate. Più quest'ultimo è ridotto, tanto più elevato sarà il valore più economico di X'_d. La stabilità dinamica è influenzata anche dalla costante di tempo d'inerzia H. Però nel caso dei turbogruppi a vapore essa è, anzi tutto, determinata dal momento d'inerzia della turbina e l'influenza che può avere il dimensionamento dell'alternatore è pertanto molto ridotta. Tuttavia H diviene più favorevole quando si passa all'esecuzione tetrapolare.

Reattanza transitoria

La reattanza transitoria non satura X'_d è circa uguale alla somma della reattanza di fuga dell'avvolgimento statorico ($X_a\sigma$) e della reattanza di fuga dell'avvolgimento rotorico ($X_f\sigma$), con una precisione che è tanto maggiore quanto più ridotto è il rapporto di corto circuito. Tenendo conto di quanto sopra, le tendenze a modificare gli elementi geometrici risultano di più facile apprezzamento. La maggior parte degli studi di stabilità si basa sui valori non saturi della reattanza (in quanto in caso di saturazione la X'_d diminuisce) e quindi nelle considerazioni che vengono esposte ci si limiterà a considerare lo stato di non saturazione. La tabella IV indica le possibilità disponibili per ridurre X'_d.

Escludendo, per ragioni economiche, una densità lineare di corrente troppo piccola, l'aumento dell'induzione nel traferro risulta essere il mezzo più efficace per ridurre il valore di X'_d. Con ciò si raggiunge il vantaggio di ridurre linearmente la densità di corrente e quadraticamente le forze elettrodinamiche in cava, ciò che è particolarmente vantaggioso per il costruttore, quando si tratti di macchine di potenza elevata. Infatti, in caso contrario, e cioè qualora le forze elettrodinamiche in cava vengano aumentate, la scelta del numero di cave rappresenta, già di per se stesso, un ostacolo.

Per una data tensione si sceglie tra due numeri possibili di cave, benché per le tensioni nominali elevate oggi utilizzate di 26 ÷ 27 kV, si perda la parte di cava che interviene nella riduzione della reattanza. In tal caso infatti, lo spessore dell'isolamento corrisponde circa alla larghezza minima del conduttore elementare. All'aumento d'induzione nel traferro è posto un limite dalle perdite per la componente radiale del campo di cava, componente prodotta sia dal campo principale che penetra nella cava, che dalla saturazione dei denti. Le perdite dovute al campo radiale possono assumere valori elevati e superare il valore delle perdite dovute al campo trasversale di cava statorica oppure quelle provocate sulla superficie rotorica specie quando si debba ricorrere ad elevati valori di saturazione nei denti.

Tutti i costruttori hanno ormai adottato il raf-

TABELLA IV - *Mezzi per ridurre la reattanza transitoria* X'_d.

Tipi	Mezzi per ridurre X'_d	Svantaggi	Limite
Classico, con raffreddamento statorico e rotorico in acqua	Debole densità lineare di corrente (bassa utilizzazione)	Costo elevato	Peso del trasporto
	Alta induzione nel traferro	Perdite elevate Vibrazioni dello statore	Saturazione
	Elevata densità di corrente	Perdite elevate	Sovraccarichi di breve durata
	Piccola distanza tra il rame ed il traferro nello statore nel rotore	Perdite elevate dovute al campo radiale X''_d ridotta	Altezza della chiavetta
	Lamierini statorici con buona permeabilità magnetica in direzione radiale	Costo elevato	Costruzione
	Zona polare larga	Corrente rotorica per cava alevata	Tasso di armoniche
	Grande lunghezza attiva nel confronto del diametro rotorico	Elevata lunghezza della macchina	Tranquillità meccanica di esercizio
Futuro	Avvolgimento parzialmente o totalmente nel traferro	Perdite nell'avvolgimento dovuto al campo principale	Lunghezza del traferro
	Supraconduttività	Non ha ancora raggiunto lo stadio costruttivo	

freddamento a liquido dell'avvolgimento statorico per i grossi turboalternatori. Viene di solito preferita la sbarra mista, composta cioè di conduttori elementari cavi e pieni.

La sbarra mista con conduttori cavi in acciaio amagnetico offre altresì il vantaggio che le sue perdite, dovute al campo radiale, sono molto minori di quelle che si verificano in conduttori cavi di rame, in quanto le perdite per correnti di Foucault, che si generano nei conduttori cavi in acciaio sono molto limitate. La diminuzione delle perdite dovute al campo radiale si ottiene ricorrendo a conduttori elementari di larghezza ridotta. A questo risultato si può giungere per mezzo della divisione in due sbarre Roebel e con interconnessioni speciali. Inoltre, tale misura può venir applicata anche limitatamente alla sbarra superiore, ove si generano le perdite dovute al campo longitudinale, mentre le sbarre inferiori possono restare nella esecuzione con conduttori elementari di larghezza doppia, con conseguente favorevole riflesso economico.

Non può inoltre venire trascurato il fatto che le elevate induzioni nel traferro impongono un aumento del diametro esterno e del peso del ferro. Ove esistano limitazioni di trasporto, si dovrebbe ricorrere a induzioni più basse, a scapito della densità lineare di corrente. E' anche da tener presente il fatto che i valori elevati d'induzione nel traferro e nei denti comporta maggiori pericoli di corto circuito nei lamierini magnetici, con possibilità di gravi danni.

Elevando le densità di corrente nelle cave statoriche e rotoriche, si ridurrebbero fortemente le dimensioni delle cave e quindi anche i valori di X'_d (il flusso disperso delle cave statoriche raggiunge circa i 3/4 del flusso disperso totale dell'avvolgimento statorico). Bisogna altresì tener conto delle prescrizioni relative ai sovraccarichi di breve durata, che impongono un opportuno dimensionamento dei conduttori statorici e rotorici.

A quantità di rame uguale, la cava rotorica raffreddata ad acqua è, per quanto si riferisce alla reattanza, superiore di circa il 10 % alla cava rotorica raffreddata con gas e ciò in seguito alle minori dimensioni del canale di raffreddamento ed alla minore profondità della cava.

Anche le distanze tra i conduttori superiori della cava ed il traferro, sia nel rotore che nello statore, influenzano il flusso disperso. Mentre nel rotore è generalmente possibile ridurre tale distanza al suo valore minimo compatibile con lo spessore

della chiavetta e con quello dell'avvolgimento smorzatore, nello statore il rame si trova più basso nella cava di quanto sarebbe imposto dalla chiavetta di chiusura a causa delle perdite dovute al campo radiale.

Una possibilità di realizzare le cave statoriche con dispersione ridotta è offerta dall'impiego, nei denti, di lamierini con buona permeabilità magnetica, ciò che consente di attribuire alla cava una maggiore larghezza ed una minore profondità. Il costo dei lamierini e la capitalizzazione delle perdite sono determinanti nella scelta di queste soluzioni.

La cava larga riduce, inoltre, il campo trasversale, ciò che comporta una riduzione, molto apprezzata, delle forze elettrodinamiche. Si può facilmente constatare che un valore elevato del rapporto tra la lunghezza attiva ed il diametro rotorico è favorevole per le perdite e per la reattanza di dispersione, in quanto la parte non attiva è in tal caso minima rispetto a quella attiva. Questo è soprattutto il caso degli alternatori bipolari, mentre nelle macchine tetrapolari ove le teste delle bobine, a causa del passo polare più ridotto, sono molto meno sporgenti e partecipano molto meno al flusso disperso, il guadagno su X'_d e sulle perdite comporta un aumento della lunghezza totale della macchina ed una diminuzione della tranquillità di esercizio.

Perdite sulla superficie rotorica

Esse sono dovute alle seguenti cause:

— attrito tra la superficie ed il mezzo in cui ruota il rotore;
— perdite elettriche dovute alle armoniche della forza magnetomotrice d'indotto;
— perdite elettriche dovute alle variazioni di permeanza causate dalle aperture di cava;
— perdite elettriche dovute al campo inverso dei carichi asimmetrici, sia permanenti che di breve durata.

La quantità di calore che si generano in questo ultimo caso e che devono venir dissipate, sono date da $J_2\ t^2$, intendendo per J_2 la componente di sequenza inversa e per t il tempo durante il quale essa agisce. Mentre le asimmetrie di carico di breve durata sono abbastanza rare e possono generalmente venir trascurate, gli squilibri permanenti devono essere l'oggetto di un particolare esame.

I valori ammissibili di squilibrio e che raggiungevano in passato il limite di 10 a 12 %, sono oggi generalmente ridotti a 5 ÷ 8 % ed anche a meno in taluni casi. Le perdite specifiche dovute allo squilibrio crescono col quadrato della densità lineare della componente inversa e dipendono dal valore della resistenza elettrica formata dalle parti esterne del rotore che si oppongono al passaggio delle correnti indotte di compensazione.

Come risulta dalla tabella V, le perdite in oggetto crescono con la potenza. Le perdite supplementari dovute alle armoniche della forza magnetomotrice d'indotto dipendono fortemente dal numero delle cave statoriche e dal passo di avvolgimento nonché dalle dimensioni del traferro. In seguito alla variazione della permanenza dovuta alle aperture delle cave statoriche ed alle pulsazioni nei denti, le perdite supplementari dipendenti dalla tensione sono molto modeste per gli alternatori delle grandezze considerate poiché il passo dei denti statorici è dello stesso ordine di grandezza del traferro.

TABELLA V - *Perdite rotoriche superficiali specifiche per turboalternatori bi e tetrapolari, raffreddati ad acqua.*

Potenza dell'alternatore (MVA)	722	1444	1444	2222
Velocità (giri/min)	3600	3600	1800	1800
Pressione assoluta dell'aria nel traferro (kg/cm²)	0,5	0,5	1,035	1,035
	depressione			
Perdite per attrito (kW/m²)	12,5	14,0	10,8	12,7
Perdite supplementari dovute alla f.m.m. d'indotto (kW/m²)	6.9	10,3	5,0	9,1
Perdite supplementari dovute alle cave aperte (kW/m²)	0,3	0,2	0,4	0,5
Perdite supplementari dovute ad un'asimmetria di carico del 5% (kW/m²)	5,2	10,6	7,9	9,1
Somma delle perdite superficiali (kW/m²)	24,9	35,1	24,1	31,4

Aumentando il numero delle cave statoriche, come si verifica per i grossi turboalternatori, il rapporto tra la larghezza delle cave stesse ed il traferro decresce; tale rapporto è determinante per le perdite in oggetto che non hanno pertanto un effetto rilevante anche se le induzioni nel traferro sono elevate. Invece nei rotori bipolari, una larga parte delle perdite è dovuta all'attrito di superficie se non si ricorre all'idrogeno oppure ad una pressione ridotta dell'aria.

Si può ammettere con una certa sicurezza che una gran parte delle perdite per attrito superficiale, misurate sull'albero, appare direttamente sulla superficie statorica stessa.

Adottando pertanto una costruzione con superficie statorica relativamente liscia, si possono ridurre le perdite per attrito superficiale.

Costruzioni future

I consistenti aumenti di potenza unitaria che dovranno venir realizzati esigono nuove concezioni. Si potrà, ad esempio, trasferire l'avvolgimento to-

talmente o parzialmente nel traferro, al fine di ridurre il flusso disperso. L'avvolgimento di traferro potrebbe venir spedito separatamente, completamente ultimato, per essere introdotto sul posto tra le due metà statoriche prefabbricate.

Alcuni centri di ricerca si occupano già attivamente di progetti di turboalternatori con l'impiego della supraconduttività. Tali macchine avranno reattanze molto ridotte. Astraendo dall'avvolgimento rotorico supraconduttore raffreddato ad elio, un alternatore di tale tipo sarebbe concettualmente simile agli alternatori bipolari Brown Boveri con rotore raffreddato ad acqua poiché il rotore ruota anche in questo caso, nel vuoto, all'interno di un cilindro disposto nel traferro, costituente una separazione tra lo spazio rotorico e quello statorico.

L'avvolgimento statorico raffreddato ad acqua sarebbe simile all'avvolgimento di traferro già menzionato, mentre la carcassa si ridurrebbe ad un blindaggio magnetico. Benché si abbia oggi una idea approssimativa di ciò che potrà essere un turboalternatore da 1 000 MVA con avvolgimento rotorico supraconduttore, restano ancora molti problemi da risolvere per tutte le questioni di dettaglio.

Aspetti particolari della costruzione di grossi turboalternatori tetrapolari

Problemi del rotore

Le maggiori sollecitazioni imposte ai rotori dei grossi turboalternatori bipolari a 60 Hz si presentano nel corso della prova alla velocità di fuga uguale al 120 % di quella nominale, corrispondente ad una velocità periferica di rotore di ca. 250 m/s.

Al fine di evitare eccessive lunghezze del ferro, è evidente che si debbono mettere a profitto tutte le possibilità costruttive oggi offerte dalla tecnica. Negli alternatori tetrapolari, con velocità dimezzata, il diametro rotorico potrebbe, teoricamente, venir raddoppiato; tale limite non viene tuttavia raggiunto per varie ragioni. Il diametro esterno della carcassa è, d'altronde, limitato agli stessi valori delle macchine bipolari. Siccome l'altezza del ferro statore è minore nell'esecuzione tetrapolare, si può scegliere un diametro rotorico fino al 60 % ÷ 65 % maggiore di quello delle macchine bipolari e ciò a parità di diametro esterno massimo.

Siccome, inoltre, la limitazione dovuta al trasporto vale sia per le macchine a 50 che per quelle a 60 Hz, il diametro rotorico sarà, in entrambi i casi, dello stesso ordine di grandezza.

Nel confronto delle macchine bipolari, la velocità periferica per gli alternatori a 1 500 giri/min. risulta essere da 30 % a 35 % inferiore (da 20 % a 25 % inferiore nelle macchine a 1 800 giri/min.). Si può pertanto concludere che le sollecitazioni dinamiche dei rotori a velocità ridotta (macchine tetrapolari) sono minori e quindi, in tal caso, i valori delle resistenze meccaniche dei forgiati che compongono il rotore e le cappe possono essere minori. La lunghezza del ferro, nelle macchine tetrapolari, può arrivare senza difficoltà, fino a 11 ÷ 12 m.

Tuttavia, come è indicato dalla fig. 1, i rotori degli alternatori tetrapolari hanno già, attualmente, un peso molto elevato che rappresenta da solo un grave problema costruttivo. La dispersione nei pesi che risulta dalla fig. 1 è data sia dalle due frequenze (50 o 60 Hz) che dal diverso tipo di raffreddamento. Si può comunque dedurre che, mentre in futuro i rotori bipolari potranno, con grande sicurezza, essere costituiti da un solo massello forgiato, le stesse conclusioni non valgono per i rotori tetrapolari.

I maggiori alternatori attualmente in costruzione hanno rotori di ca. 200 t, la cui esecuzione come monoblocco esige enormi mezzi di elaborazione e di forgiatura, a parte i rischi connessi con eventuali rifiuti del materiale. Per questo motivo Brown Boveri ha adottato, da oltre un trentennio, i rotori compositi (fig. 2). I vantaggi di questo tipo di costruzione risiedono nell'impiego di forgiati di dimensioni molto minori e nel foro centrale che consente il passaggio del tirante di assiemamento.

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio possono venire più facilmente e con gran sicurezza ottenute mediante la forgiatura su mandrino e con apposito trattamento termico.

La fig. 3 rappresenta un rotore tetrapolare, assiemato, e destinato ad un alternatore da 133 MVA a 1 800 giri/min. destinato alla AEP (American Electric Power Service Corporation) per la centrale D.C. Cook presso il lago Michigan. La costruzione rotorica assiemata consente, con un diametro rotorico di 1 850 mm, la trasmissione attraverso l'albero di una potenza di 2 700 MW a 60 Hz, che diventa più elevata a 50 Hz in quanto, in tale caso, è possibile accrescere sia il diametro

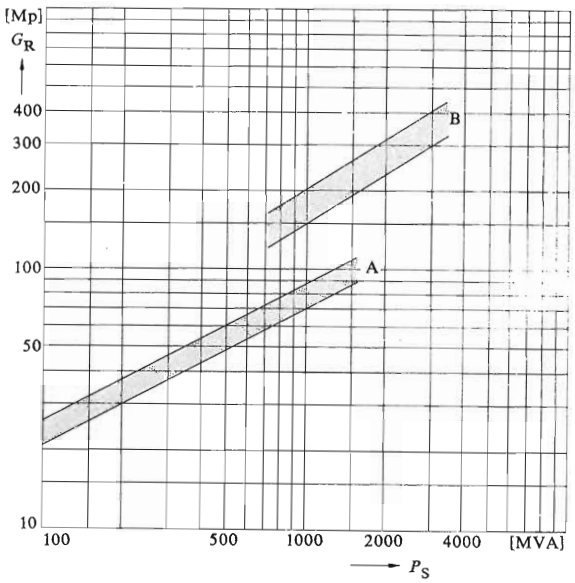
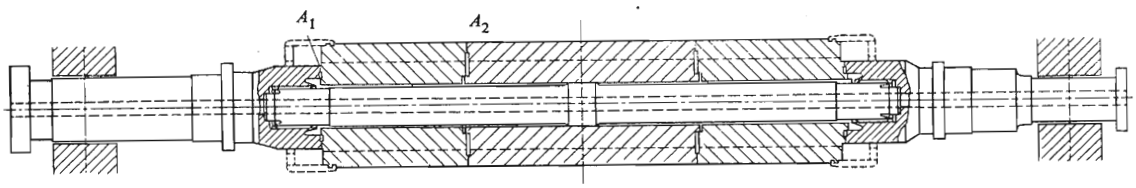


Fig. 1 - Peso rotorico (G_R) in funzione della potenza apparente (P_S) per i turboalternatori bipolari (A) e tetrapolari (B).



Fig' 2 - Principio di costruzione di un rotore composito con tirante centrale.

che la lunghezza del ferro. La costruzione delle cappe, in acciaio austenitico amagnetico, destinate ai rotori in oggetto, non offre nessuna difficoltà. Per rotori di peso molto elevato risulta vantaggioso ricorrere a cuscinetti separati, che consentano di trasmettere le spinte direttamente sulla fondazioni; si può anche ricorrere ad un solo, cuscinetto tra la turbina e l'alternatore, con vantaggio costruttivo notevole per la carcassa dell'alternatore ove solitamente alloggia il cuscinetto.

Lo statore

I principali problemi costruttivi sono connessi con i mezzi di officina e con le possibilità del trasporto a causa delle dimensioni e del peso. Gli statori delle macchine tetrapolari non esigono la sospensione elastica dei lamierini nella carcassa, grazie alla forma più vantaggiosa delle ocillazioni a frequenza doppia. Infatti l'ampiezza radiale di queste oscillazioni non raggiunge, anche per macchine maggiori, che il 20 ÷ 40 % dei valori corrispondenti che si verificano sulle macchine bipolari.

Quindi il ferro statorico può venir fissato rigidamente alla carcassa esterna. I lamierini sono, solitamente, del tipo a cristalli orientati. Partendo inoltre dal principio che, per ottenere una migliore qualità della macchina, il montaggio dell'avvolgimento debba farsi possibilmente nelle officine del costruttore, bisogna evitare una divisione dello statore sia orizzontalmente che longitudinalmente, benché nel primo caso la divisione del ferro non offra difficoltà di carattere tecnico. Lo statore completo deve quindi, come per le macchine bipolari, venir completamente montato in officina, sollevato completo di ferro, di avvolgimento e di carcassa esterna, per venir trasportato mediante la sospensione libera fra due elementi portanti (fig. 5).

I carri a 32 assi oggi esistenti consentono il trasporto di un peso massimo da 390 a 450 t, a seconda delle prescrizioni dei vari paesi (elementi portanti non compresi).

Dedotto il peso degli ausiliari di trasporto, rimane per il peso netto trasportabile il valore massimo di circa 415 t. Molte società ferroviarie europee consentono una larghezza massima di carico di 4200 mm. Ne risulta automaticamente il limite per le dimensioni massime esterne degli statori ed il compito del costruttore è quindi quello di ottenere degli alternatori che abbiano la massima potenza possibile, rispettando i valori limiti imposti dal trasporto che, per ora, non possono venire modificati.

Le potenze delle macchine oggi in costruzione vennero raggiunte abbastanza facilmente ricorrendo al raffreddamento in idrogeno.

Sia i costruttori che gli utilizzatori vollero realizzare i primi grossi alternatori tetrapolari con una concezione sicura, utilizzando il gas per il rotore e per il ferro statorico e ricorrendo al raffred-

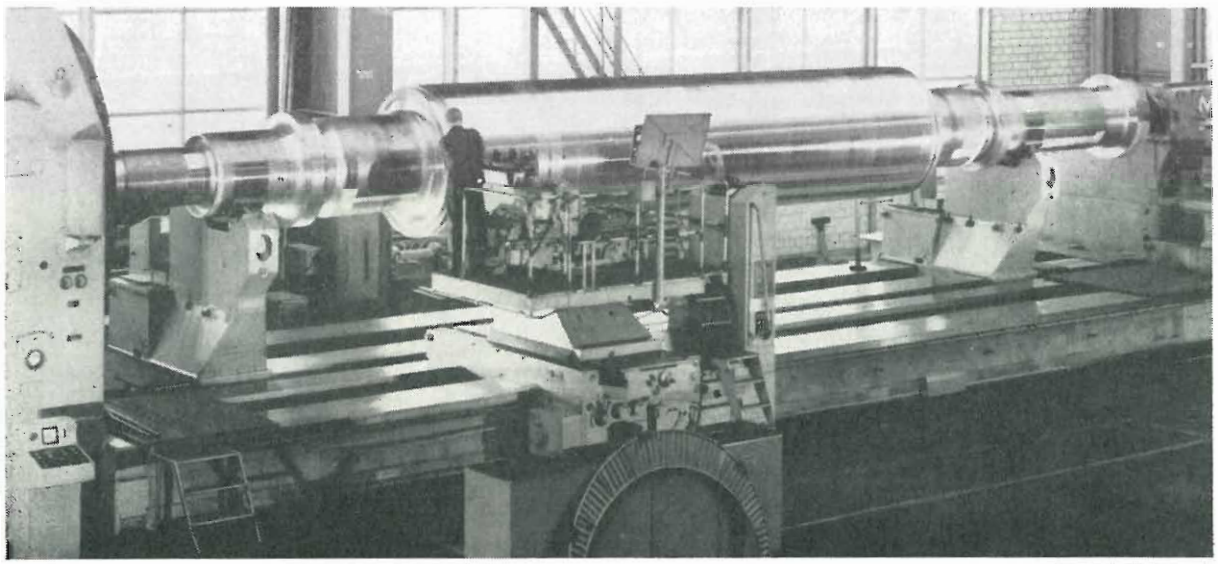


Fig. 3 - Rotore di 200 t costituito di 3 anelli assiemati da un tirante centrale, in corso di tornitura.

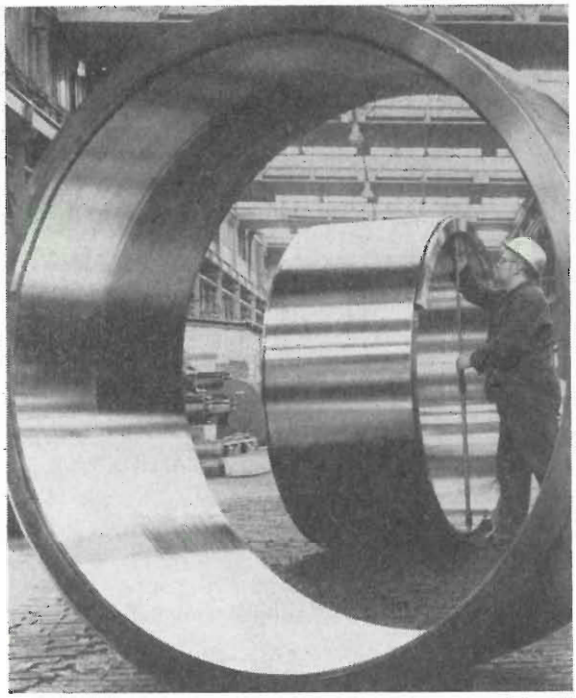


Fig. 4 - Cappe rotoriche per un turboalternatore tetrapolare da 1333 MVA, 60 Hz.

damento ad acqua per l'avvolgimento statorico. A causa delle suddette limitazioni di trasporto, non è possibile aumentare il diametro esterno della carcassa mentre si pensa invece che potrà essere possibile aumentare il peso massimo trasportabile fino a 550 ÷ 600 t, utilizzando dei mezzi di trasporto di nuova concezione. Con ciò sarebbe possibile accrescere notevolmente la potenza limite anche nel caso di raffreddamento a gas. E' comunque molto probabile che il raffreddamento completo ad acqua potrà apportare, nel prossimo decennio, nuove soluzioni.

Raffreddamento degli alternatori

Costruzione delle macchine raffreddate in idrogeno

A causa del diametro rotorico relativamente elevato, il raffreddamento ad idrogeno dell'avvolgimento rotorico non presenta nessuna difficoltà per le macchine sin qui ordinate ed aventi una potenza fino a 1 400 MVA.

La maggior parte dei costruttori ha fatto ricorso ai dispositivi di raffreddamento utilizzati di solito negli alternatori bipolari e cioè a condututori attraversati dal flusso di gas assiale o radiale nelle cave rotoriche.

Per aumentare la velocità del gas si può aggiungere la pressione propria del rotore a quella del ventilatore principale montato sull'albero, ottenendo con ciò un maggiore effetto raffreddante. La pressione totale che ne risulta, di 4 kg/cm^2 è sufficiente per poter raffreddare efficacemente le macchine delle potenze in oggetto. L'esecuzione tetrapolare consente, nel rotore, che le cave siano relativamente profonde con un forte coefficiente di riempimento in rame, fino ai limiti cosentiti dalla reattanza transitoria. Inoltre, la velocità periferica minore consente l'impiego di chiavette di chiusura di modeste dimensioni. Nel suo insieme pertanto, i rotori delle macchine tetrapolari si trovano in condizioni più favorevoli di quelli delle macchine bipolari le cui sollecitazioni meccaniche sono spinte fino ai valori limiti.

Il raffreddamento del ferro statorico segue, in un certo senso, quello del rotore. Se l'avvolgimento rotorico possiede un raffreddamento forzato assiale, lo stesso tipo di raffreddamento verrà adottato per il ferro statorico. L'avvolgimento statorico è oggi generalmente raffreddato ad acqua.

Il principio del raffreddamento e la struttura degli alternatori così concepiti ed aventi una potenza fino a 1 500 MVA sono indicati alla fig. 6. Quattro refrigeranti montati in posizione verticale nella carcassa, agli angoli della macchina, raffreddano il gas fino al limite voluto.

Malgrado le correnti di eccitazioni siano, esse pure, notevolmente aumentate, gli anelli sono come per le precedenti costruzioni, raffreddati in aria. E' tuttavia in dispensabile investire le spazzole ed i porta spazzole con un soffio d'aria ad elevata velocità. Il raffreddamento ad acqua degli anelli avrebbe senso solo se anche la corona porta spazzole ed i porta spazzole stessi fossero, essi pure, raffreddati nello stesso modo, in quanto il raffreddamento intenso solo degli anelli non risolverebbe il problema del riscaldamento.

Tuttavia l'impiego del raffreddamento ad acqua dei porta sppazzole non è facile poiché nei grossi turboalternatori con tensioni di eccitazione fino a 600 V, i porta spazzole debbono essere smontabili per consentire la sostituzione delle spazzole in esercizio. Il raffreddamento ad aria permette a questi elementi di essere facilmente accessibili ed esso rimane, pertanto, il migliore fin che non si avranno a disposizione altri sistemi sicuri di trasmissione della corrente di eccitazione.

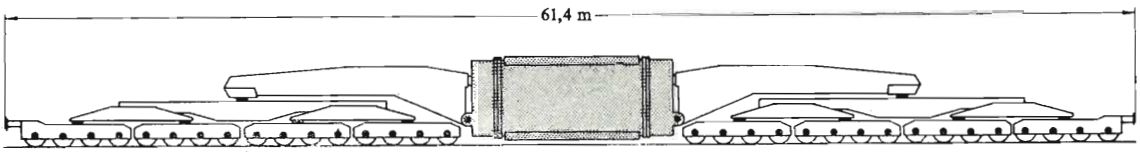


Fig. 5 - Carro per il trasporto dei maggiori turboalternatori.

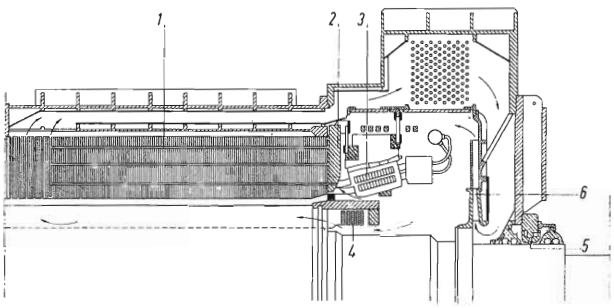


Fig. 6 - Sezione longitudinale parziale di alternatore tetrapolare con rotore raffreddato a gas.
1 – Ferro statorico raffreddato a gas;
2 – Piastre di serraggio massiccie in acciaio amagnetico;
3 – Avvolgimento statorico raffreddato ad acqua;
4 – Avvolgimento rotorico raffreddato a gas;
5 – Dispositivo di tenuta sull'albero, per l'olio;
6 – Ventilatore centrifugo ad alta pressione con diffusore.

Costruzione con raffreddamento ad acqua

Sono stati costruiti numerosi alternatori bipolari con raffreddamento diretto ad acqua dell'avvolgimento rotorico. Il carattere distintivo della concezione Brown Boveri è dato dalla presenza, nel traferro, di un cilindro che separa lo spazio rotorico da quello statorico, affinché la pressione nello spazio rotorico possa venir diminuita. Ciò consente di ridurre a valori limitati le perdite per attrito dell'aria, come si verifica per l'impiego di idrogeno con modeste sovrappressioni. Tali perdite saranno inoltre, nei rotori tetrapolari, più ridotte nel confronto dell'esecuzione bipolare, in seguito alla velocità periferica più ridotta.

Come si deduce dalla fig. 7, i più grossi rotori bipolari attualmente in costruzione, ruotano in una atmosfera di idrogeno ad una pressione di 4 kg/cm^2 e provocano perdite per attrito più elevate di quelle che si verificano negli alternatori tetrapolari rotanti in aria alla pressione normale. Per questa ragione la concezione con cilindro isolante nel traferro, ottima per gli alternatori bipolari, può semplificarsi per le macchine tetrapolari.

Si possono costruire alternatori tetrapolari per le potenze limiti senza idrogeno e senza riduzione della pressione dell'aria, ricorrendo al raffreddamento ad acqua. La fig. 8 indica la sezione longitudinale di un alternatore di questo tipo che verrà di seguito descritto in dettaglio.

I punti determinanti nel raffreddamento di questi grossi turboalternatori sono:

— l'avvolgimento rotorico;
— l'avvolgimento statorico ed i morsetti;
— le piastre di serraggio dello statore ed il ferro statorico;
— la superficie del rotore.

Avvolgimento rotorico

Negli alternatori tetrapolari, per il dimensionamento dell'avvolgimento rotorico, si dispone di una profondità radiale di cava maggiore di quella degli alternatori bipolari. Di conseguenza si ricorre a più avvolgimenti in doppio strato, giungendo fino a 6 conduttori per cava (fig. 9).

Per i maggiori alternatori del futuro si tornerà a 4 conduttori per cava a causa della tensione rotorica elevata. Per il resto, il raffreddamento rotorico, con l'adduzione e l'evacuazione dell'acqua e con le camere collettrici disposte sulle cappe può venir totalmente derivato dagli alternatori bipolari.

Il raffreddamento ad acqua consente notoriamente delle sezioni minori per il flusso del fluido raffreddante di quanto si verifica per l'idrogeno, ciò che ha per conseguenza un aumento della sezione utile del rame e quindi una diminuzione delle perdite.

I conduttori cavi di rame, ottenuti per estrusione, vengono sottoposti durante la prova a velocità di fuga, ad una pressione d'acqua interna di 170 kg/cm^2. La pressione di prova dei conduttori ultimati ha un valore doppio di quello della pressione di esercizio. Tali pressioni sono, comunque, ridotte rispetto a quelle adottate nelle macchine bipolari.

Avvolgimento statorico e morsetti

Il raffreddamento statorico diretto con acqua fluente nei conduttori cavi è ormai stato collaudato con successo in un gran numero di macchine bipolari in esercizio da tempo. E' pertanto logico attenersi alle medesime soluzioni. A causa della forte densità di corrente per cava e degli elevati campi trasversali, si può, per le sbarre miste, a partire da un certo limite, passare dai conduttori cavi in rame a quelli in acciaio amagnetico inossidabile. A parità di perdite totali queste sbarre offrono il vantaggio tecnologico di assenza dei fenomeni di erosione sul rame. Anche i morsetti vengono raffreddati direttamente ad acqua.

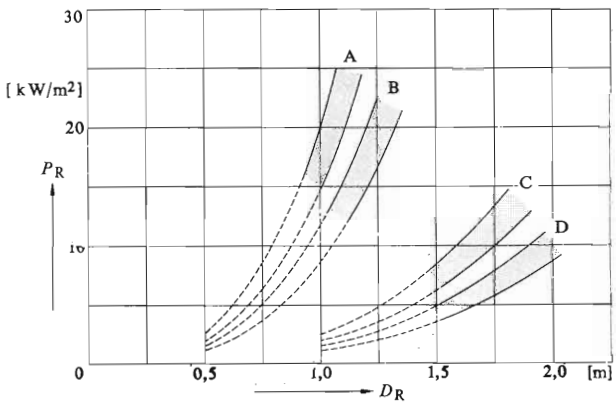


Fig. 7 - Perdite per attrito superficiali specifiche P_R in funzione del diametro rotorico D_R per il funzionamento in aria alla pressione normale.
A – 3600 giri/min 60 Hz – 2 poli
B – 3000 giri/min 50 Hz – 2 poli
C – 1800 giri/min 60 Hz – 4 poli
D – 1500 giri/min 50 Hz – 4 poli
Rapporti per il funzionamento in:
— aria alla pressione assoluta di 0,3 kg/cm^2 : 0,38;
— aria alla pressione assoluta di 0,5 kg/cm^2 : 0,57;
— idrogeno alla pressione relativa di 4 kg/cm^2 : 0,54;
— azoto alla pressione assoluta di 1 kg/cm^2 : 0,96.

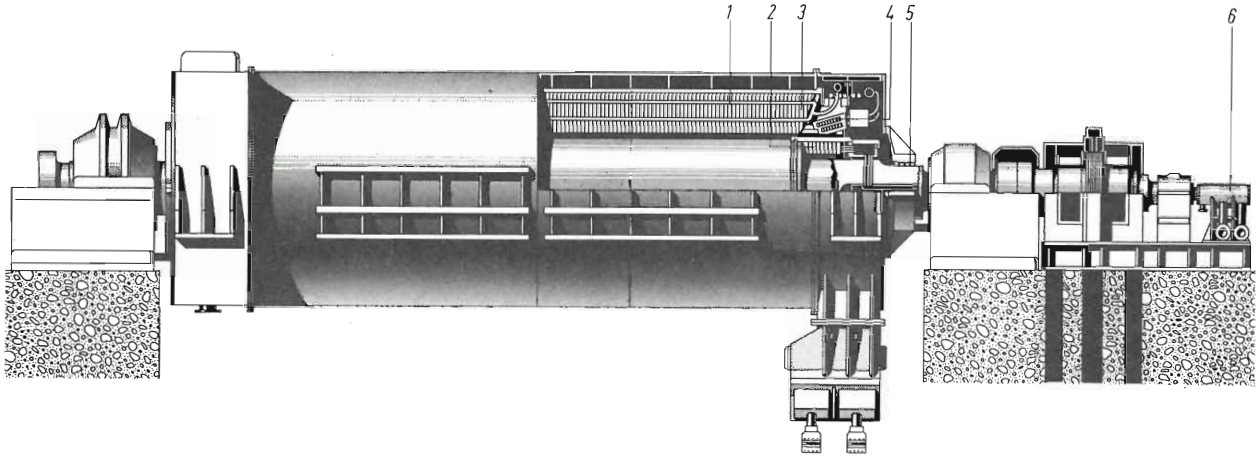


Fig. 8 - Turboalternatore tetrapolare raffreddato interamente ad acqua.

1 – Ferro statorico raffreddato ad acqua;
2 – Avvolgimento rotorico raffreddato ad acqua;
3 – Piastra di serraggio laminata;
4 – Avvolgimento statorico raffreddato ad acqua;
5 – Giunto di tenuta a labirinto;
6 – Estremità d'albero rotorico con collettore di raccordo per l'acqua.

Piastre di serraggio statoriche e lamierini

In una macchina raffreddata interamente ad acqua, le perdite nel ferro statorico e particolarmente quelle nelle piastre di serraggio debbono venir evacuate nello stesso modo.

Esistono in proposito due possibilità: si potrebbe pensare d'interporre tra i lamierini statorici, a dati intervalli, degli elementi raffreddanti appiattiti. In questo caso il calore dovrebbe venir trasmesso all'acqua trasversalmente e cioè in una direzione in cui la conduttività termica è molto minore che nella direzione longitudinale dei lamierini. Inoltre bisognerebbe disporre di tali elementi refrigeranti a intervalli di 60 ÷ 70 mm su tutta la lunghezza della macchina ciò che equivarrebbe ad una diminuzione della lunghezza attiva e che comporterebbe un aumento del diametro esterno.

Il mezzo migliore, al quale si deve pertanto ricorrere, consiste nel raffreddamento assiale, con tubi di raffreddamento di diametro ridotto, disposti assialmente nel ferro. Invece delle piastre di serraggio massiccie, in un sol pezzo, costituenti nello stesso tempo i collettori ed i distributori per i tubi di raffreddamento assiali che attraversano il ferro, sono state ultimamente introdotte le piastre laminate, costituite da lamiere magnetiche normali unite in modo da formare degli anelli solidi. In tal modo si ottiene un tutto omogeneo, formato dagli stessi materiali (ferro statore e piastre) avente circa la stessa densità di perdita. In queste condizioni si possono estendere i tubi di raffreddamento da un'estremità all'altra, attraverso tutto il ferro statorico. Inoltre i raccordi per l'acqua sono semplici sui due lati e, ricorrendo ad una ripartizione adeguata dei tubi nel ferro, si può ottenere un raffreddamento molto uniforme di tutta la sezione trasversale.

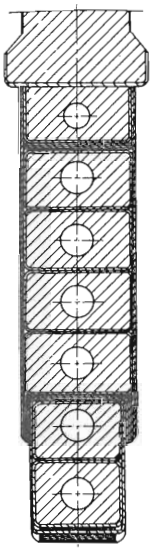


Fig. 9 - Sezione di una cava rotorica con avvolgimento di campo e smorzatore raffreddati ad acqua, per un alteanatore tetrapolare.

Anche la superficie rotorica è sede di perdite che debbono venir evacuate efficacemente. Nelle macchine raffreddate a gas, tali perdite vengono evacuate per mezzo di un flusso turbolento di gas nel traferro. In una macchina raffredata interamente ad acqua, senza idrogeno, è facile concepire che queste perdite debbono esse pure venir evacuate dall'acqua. Viene utilizzato a questo scopo, come per gli alternatori bipolari, uno smorzatore raffreddato direttamente ad acqua in tutte le cave e ripartito uniformemente sulla periferia. Questo smorzatore, direttamente in contatto con le chiavette di chiusura delle cave e coi denti, evacua, con deboli differenze di temperatura, non solo le perdite elettriche supplementari bensì anche una parte delle perdite dovute all'attrito dell'aria. La parte restante delle perdite per attrito superficiale può venir facilmente eliminata dal traferro per mezzo di un ventilatore assiale montato su di una estremità dell'albero.

Il raffreddamento dell'aria calda viene assicurato

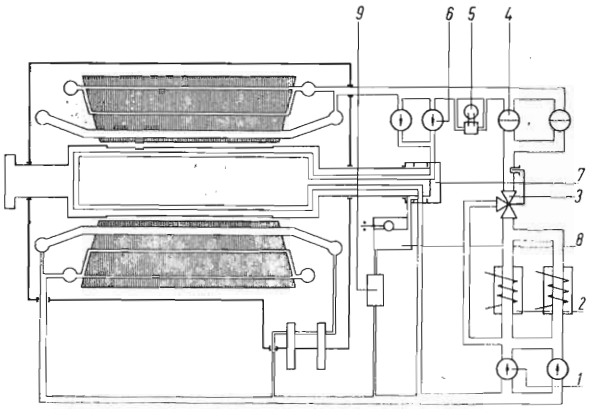


Fig. 10 - Circuito dell'acqua di raffreddamento di un turboalternatore tetrapolare completamente raffreddato ad acqua.
1 – Pompa principale;
2 – Refrigerante dell'acqua;
3 – Regolazione della temperatura;
4 – Filtro;
5 – Dispositivo di misura della conduttività;
6 – Pompa ausiliaria per il circuito di raffreddamento rotorico;
7 – Collettore di raccordo dell'acqua per il rotore;
8 – Derivazione di acqua dal rotore;
9 – Preparazione dell'acqua.

da due piccoli scambiatori montati nella carcassa. L'adduzione dell'aria nei refrigeranti può essere effettuata nella parte superiore dello statore oppure per mezzo di tubi esterni situati superiormente e inferiormente e che possono venir smontati per il trasporto. Purché non si tratti di potenze estremamente elevate, si può persino rinunciare al raffreddamento degli involucri esterni ad acqua grazie al suddetto circuito d'aria.

Rotore rotante in azoto

Nella costruzione senza cilindro di traferro e

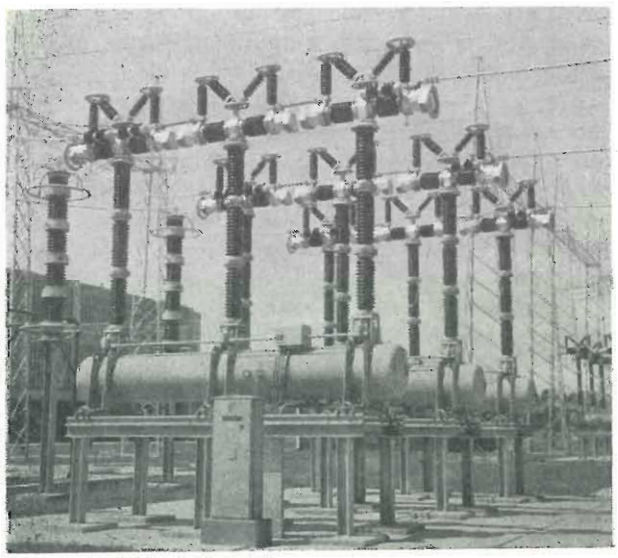


Fig. 11 - Interruttori pneumatici installati nelle sottostazioni degli impianti elettronucleari italiani. In fotografia la sottostazione adiacente alla centrale di Latina, munita di interruttori pneumatici del Tecnomasio Italiano Brown Boveri, previsti per:
— Tensione nominale 220 kV;
— Corrente 2000 A;
— Potere d'interruzione nominale 12 000 MVA.

TABELLA VI - *Valori relativi dell'azoto e dell'idrogeno nei confronti dell'aria. er i turboalternatori tetrapolari raffreddati ad acqua.*

Tipo Gas	A Aria	A Azoto	B Idrogeno
Pressione del gas	1	1,03	3,0
Densità	1	0.99	0,32
Calore specifico	1	1,03	2,98
Viscosità dinamica	1	0,95	1,72
Perdite specifiche per attrito	1	0,98	0,37
Possibilità d'incendio	si	no	no
Pericolo d'esplosione	no	no	si

A – Ferro statorico e smorzatore rotorico raffreddati ad acqua.
B – Ferro statorico reffreddato ad idrogeno (sovrapressione 2 kg/cm² purezza 96%.

senza idrogeno, con rotore in aria, si perde, nei confronti della soluzione con idrogeno, il vantaggio offerto da questo gas di essere chimicamente inerte. Sostituendo, nell'alternatore, l'aria con un'atmosfera di azoto si ricupera il vantaggio dovuto alla assenza di ossigeno e se ne acquisisce un altro e cioè l'incombustibilità dell'azoto.

Ne consegue che si può eliminare il dispositivo antincendio. Come si deduce dalla abella VI, l'azoto come gas raffreddante, possiede caratteristiche un po' più favorevoli dell'aria, è meno caro dell'idrogeno e non è assolutamente esplosivo. Le piccole fughe eventuali non sono assolutamente pericolose e si può pertanto utilizzare la medesima costruzione come per il raffreddamento in aria.

La purezza dell'azoto nell'alternatore viene mantenuta per mezzo di una batteria di bombole, che assicura una leggera sovrapressione nei confronti dell'atmosfera. Siccome l'azoto non rappresenta una necessità per l'esercizio visto che il suo compito è solo quello di assicurare una protezione addizionale e constatato come il lavaggio non sia più indispensabile come nel caso dell'idrogeno, le macchine in oggetto possono, senza interruzione, venir esercite provvisoriamente in aria, anche a pieno carico. Di conseguenza si raggiungono, nel confronto degli alternatori raffreddati in idrogeno, dei tempi di messa in servizio molto minori. Grazie a questa concezione d'insieme l'alternatore diventa malgrado le sue dimensioni, un elemento semplice e sicuro, poiché:

— non c'è idrogeno e si possono pertanto eliminare i dispositivi ausiliari e di tenuta;
— tutti gli avvolgimenti lavorano ad un basso, livello di temperatura, ciò che fa diminuire fortemente le dilatazioni differenziali tra il ferro ed il rame;
— le piastre di serraggio laminate offrono, anche in caso di elevate densità lineare di corrente e di flusso disperso, una grande sicurezza e sono efficacemente raffreddate ad acqua.

La fig. 10 indica schematicamente il circuito dell'acqua di raffreddamento di una macchina del tipo descritto.

Conclusioni

Il futuro passaggio al raffreddamento rotorico ad acqua ha condotto alla concezione dell'alternatore raffreddato interamente ad acqua. Siccome per i reattori ad acqua leggera, di una potenza elettrica equivalente di 1 300 a 2 000 MW, previsti per dominare nel prossimo decennio, entrano in considerazione solo gli alternatori tetrapolari, si è reso necessario lo studio approfondito, anche per queste macchine, di tale tipo di raffreddamento. Gli studi eseguiti hanno dimostrato come sia possibile costruire in modo del tutto sicuro gli alternatori di tipo tetrapolare anche per potenze maggiori di quelle summenzionate.

BIBLIOGRAFIA

N. KRICK e H. HIEBLER: *Alternateurs pour centrales nucléaires.* - Revue Brown Boveri N° 5/1970.

N. KRICK: *Évolution des turboalternateurs et stade actuellement atteint.* - Revue Brown Boveri 8/1969.

E WIEDEMANN: *Turboalertnateurs de grande puissance refroidis exclusivement par eau.* Revue Brown Boveri 9/1966.

Un'opera nuova per progettisti ed installatori, di elevato livello, ricca di dati pratici e di soluzioni per le varie categorie di impianti.

A. BOSSI - E. SESTO

IMPIANTI ELETTRICI

Volume in formato 17 × 25 cm, di **1000** pagine, con circa **2500** illustrazioni: solo schemi, diagrammi, disegni; nessuna fotografia (avendo realizzato in prospettiva eventuali aspetti esterni delle apparecchiature per meglio evidenziarne le parti salienti).

SCHEDE CON LE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Al volume è allegato un raccoglitore contenente:

— fascicolo con l'elenco di tutte le norme CEI;

— fascicolo relativo alle tabelle UNEL;

— fascicolo indicante i materiali da impiegare negli impianti elettrici ed ammessi al regime del Marchio di Qualità;

— listino prezzi degli impianti elettrici e della mano d'opera;

— serie di schede recanti le caratteristiche elettriche e dimensionali delle principali apparecchiature per la progettazione e la realizzazione degli impianti elettrici di alta, media e bassa tensione.

Prezzo dell'opera completa (volume + raccoglitore contenente le schede): L. 7.700

EDITORIALE DELFINO • Via Simone d'Orsenigo, 25 • 20135 MILANO

Funzionamento in parallelo dei trasformatori

FILIPPO COPPADORO (*)

Dopo aver ricordato le condizioni essenziali per effettuare il collegamento in parallelo dei trasformatori, si passa a considerare i gruppi di collegamento degli avvolgimenti per definire quali siano compatibili fra loro e quali incompatibili. Vengono poi considerate altre condizioni da rispettare, quali il rapporto delle tensioni a vuoto, la tensione di corto circuito ed il fattore di tensione a vuoto, la tensione di corto circuito ed il fattore di potenza di cortocircuito. Successivamente si analizza l'utilizzazione delle macchine funzionanti in parallelo ed in particolare quelle con diverso rapporto di trasformazione e quelle con tre avvolgimenti. Si conclude con alcune note relative alla determinazione del gruppo di collegamento dei trasformatori trifasi.

Può darsi che, per esigenze di incremento di potenza, per necessità di riserva funzionante o no, sia necessario disporre in parallelo più trasformatori di potenza uguale o anche diversa.

Si esamineranno brevemente, ma nel modo più esauriente possibile, le condizioni che si debbono considerare perchè il funzionamento in parallelo sia consentito.

In linea di principio si può affermare che due o più trasformatori sono idonei al funzionamento in parallelo quando:

a) non vi siano correnti circolanti all'interno del parallelo durante il funzionamento a vuoto o, quanto meno tali correnti siano limitate a valori tollerabili;

b) la ripartizione delle correnti di carico fra i due trasformatori (o più di due) avvenga in proporzione alle potenze nominali.

Gli elementi da esaminare sono i seguenti:

1) il gruppo di collegamento di appartenenza (per i trasformatori trifasi); la polarità degli avvolgimenti (per i trasformatori monofasi);

2) il rapporto delle tensioni a vuoto;

3) il valore delle tensioni di corto circuito;

4) il valore del fattore di potenza (cosfi) di corto circuito.

Il gruppo di collegamento

I trasformatori trifasi, come è noto, possono avere gli avvolgimenti sia lato primario sia lato secondario collegati fra di loro in modo da realizzare una stella, un triangolo od infine uno zig zag.

Se i collegamenti lato primario e lato secondario sono uguali si avranno trasformatori con collegamento stella-stella oppure triangolo-triangolo (o zigzag) e lo sfasamento delle tensioni primarie e secondarie sarà di 0° oppure di 120° o multipli di 120°.

Si indicherà con un indice il gruppo di collegamento degli avvolgimenti di ogni trasformatore trifase. Se si considerano i due vettori della tensione di fase primaria e secondaria, e si immagina che il vettore tensione di fase primaria sia la lancetta dei minuti di un orologio, disposta sulle 12, ed il vettore tensione di fase secondaria sia la lancetta delle ore, l'ora indicata da questo esprimerà l'indice del gruppo di collegamento. L'indice orario sarà espresso anche da un numero pari allo spostamento angolare diviso per 30°. Lo spostamento angolare è il ritardo del vettore *bt* sul vettore *AT* della fase corrispondente considerando il senso di rotazione antiorario.

Si riportano nella fig. 1 gli schemi di collegamento dei 4 gruppi più usati (0, 5, 6, 11).

Possiamo subito affermare: perchè due trasformatori possano funzionare in parallelo, per ciò che riguarda il loro gruppo di collegamento, essi debbono appartenere allo stesso gruppo (parallelo diretto) oppure a gruppi che siano compatibili fra di loro.

La condizione di compatibilità consiste nella sovrapposizione possibile (anche con spostamenti dei collegamenti sia su *AT* sia su *bt*) dei vettori tensioni di *AT* e di *bt* dei due trasformatori.

Se si considerano ad esempio due trasformatori uno di gruppo 0 ed uno di gruppo 11 si potrà facilmente constatare che, comunque si colleghino i morsetti dei due trasformatori, vi saranno sempre fra i morsetti omologhi o no della bassa tensione, avendo collegato fra di loro i morsetti omologhi degli avvolgimenti di *AT*, delle tensioni che ammonteranno, nel caso più favorevole a 0,517 della tensione di fase.

Tale tensione determinerebbe, se si chiudesse il parallelo fra i trasformatori, la circolazione di una corrente pari a 0,517 $E/\Sigma z_2$ che può assumere valori di parecchie volte la corrente nominale e quindi non tollerabile per la vita del trasformatore.

E' necessario pertanto esaminare quali possono essere i gruppi di collegamenti compatibili fra di loro e quali no.

Nella tabella I sono raccolti, per tutti i 12 gruppi esistenti, i corrispondenti gruppi compatibili ed incompatibili.

(*) dott. ing. Filippo Coppadoro del Tecnomasio Italiano Brown Boveri - Milano.

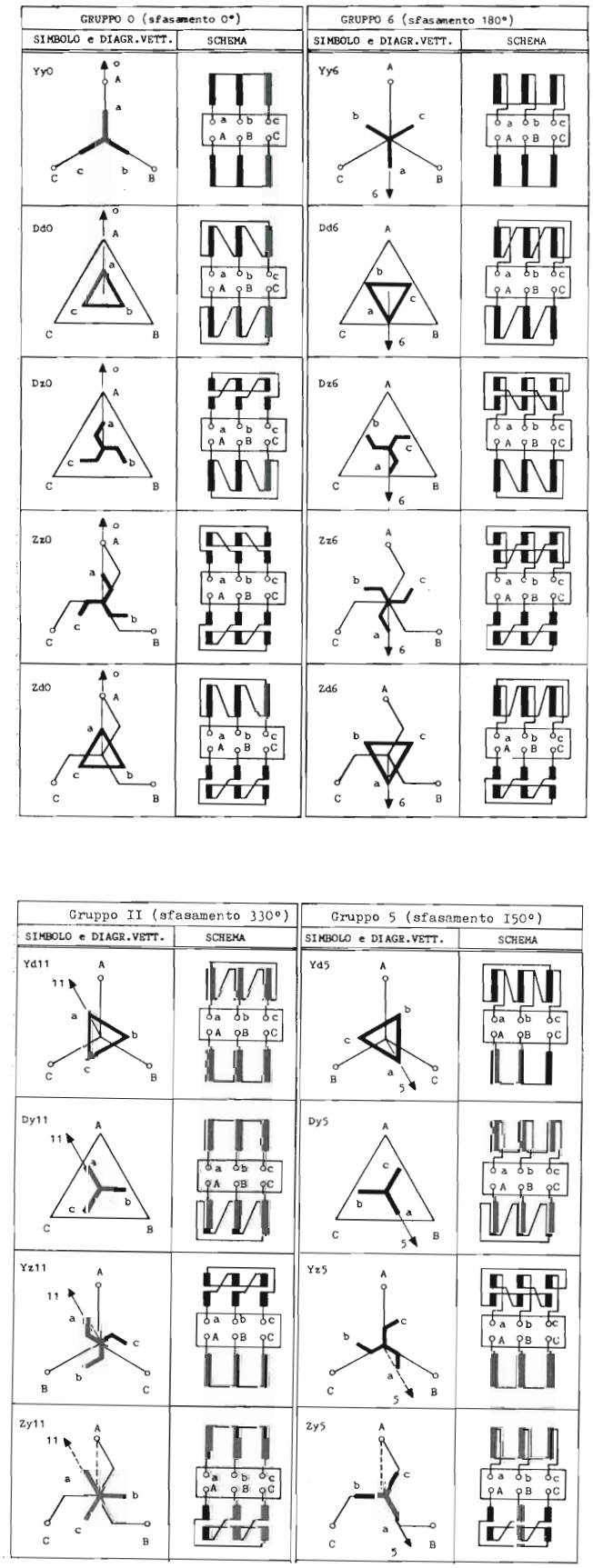


Fig. 1.

Dall'esame della tabella si possono ricavare alcune regole importanti:

a) il parallelo fra due trasformatori appartenenti allo stesso gruppo orario *è sempre possibile* (comunque siano collegate le fasi dei singoli avvolgimenti) purchè si colleghino fra di loro, lato *AT* e lato *bt*, i morsetti omologhi;

b) *non è mai possibile* il funzionamento in parallelo fra trasformatori appartenenti a gruppi con sfasamento angolare di 30° o multipli dispari di 30° cioè fra trasformatori di gruppo pari e trasformatori di gruppo dispari;

c) *non è mai possibile* il funzionamento in parallelo fra trasformatori di gruppo pari sfasati fra di loro di 60° o multipli dispari di 60°.

TABELLA I – *Gruppi di collegamento dei trasformatori trifasi in relazione alla loro compatibilità o meno al parallelo con trasformatori appartenenti ad altri gruppi.*

Gruppo	Gruppi compatibili *	Gruppi compatibili **	Gruppi incompatibili
0	0	4 8	1 2 3 5 6 7 9 10 11
1	1	3 5 7 9 11	0 2 4 6 8 10
2	2	6 10	0 1 3 4 5 7 8 9 11
3	3	5 7 9 11 1	0 2 4 6 8 10
4	4	8 0	1 2 3 5 6 7 9 10 11
5	5	7 9 11 1 3	0 2 4 6 8 10
6	6	10 2	0 1 3 4 5 7 8 9 11
7	7	9 11 1 3 5	0 2 4 6 8 10
8	8	0 4	1 2 3 5 6 7 9 10 11
9	9	11 1 3 5 7	0 2 4 6 8 10
10	10	2 6	0 1 3 4 5 7 8 9 11
11	11	1 3 5 7 9	0 2 4 6 8 10

* con collegamento dei morsetti omologhi su *AT* e *bt*;
** con opportune inversioni o permutazioni dei collegamenti sia su *AT* sia su *bt*.

Per trasformatori collegati fra di loro in modo diverso e cioè:

d) trasformatori di gruppo dispari a qualunque gruppo essi appartengano;

e) trasformatori di gruppo pari sfasati fra di loro di angoli multipli pari di 60°;

il parallelo è possibile purchè si colleghino i morsetti primari e secondari nel modo opportuno.

I collegamenti necessari sono riportati per i trasformatori di gruppo dispari nella figura 2 e per quelli di gruppo pari nella figura 3. Nelle due figure si è previsto di collegare fra di loro i morsetti *A* degli avvolgimenti di *AT* dei due trasformatori in parallelo; diverso sarebbe stato l'andamento dei collegamenti se si fosse partiti con un collegamento fisso sulla bassa tensione.

Altre condizioni da rispettare per il parallelo

Quando si sia accertato che i trasformatori possono funzionare in parallelo per ciò che riguarda i gruppi di collegamento, bisognerà esaminare gli altri elementi che sono necessari per consentire che il

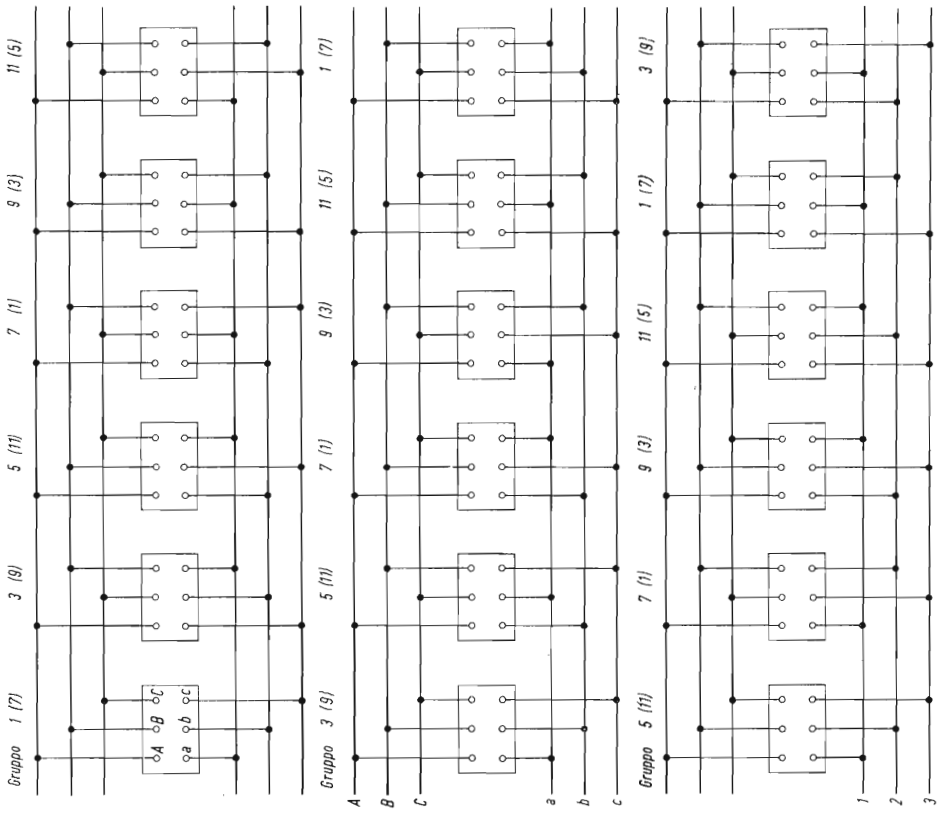


Fig. 2 - Possibilità di collegamento in parallelo di trasformatori di gruppi dispari appartenenti a gruppi diversi.

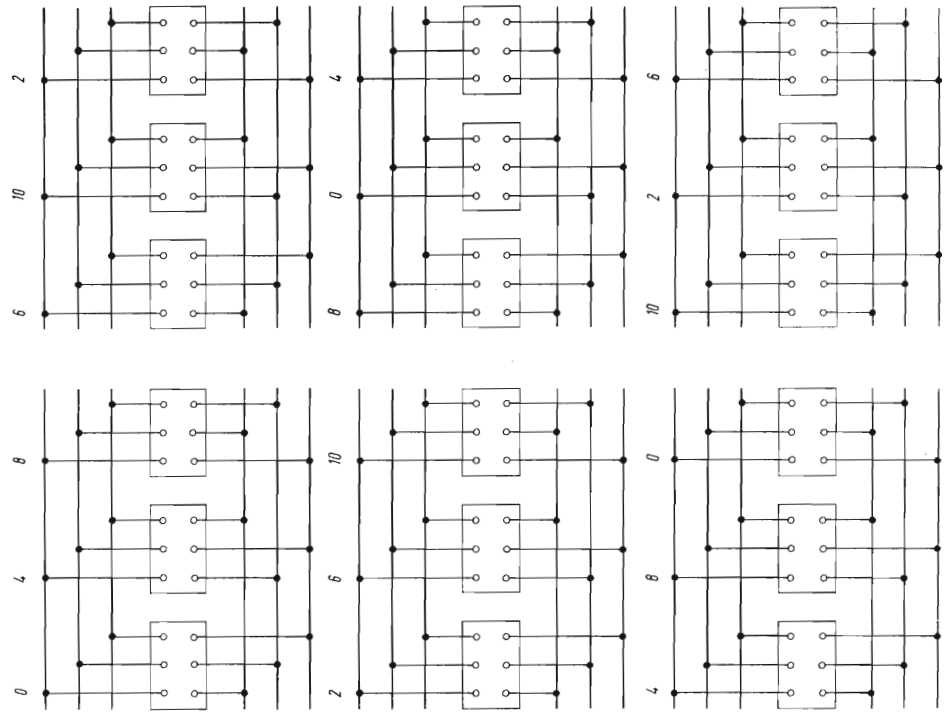


Fig. 3 - Possibilità di collegamento in parallelo di trasformatori di gruppi pari appartenenti a gruppi diversi.

parallelo avvenga correttamente; essi, come abbiamo detto sono:

— il rapporto delle tensioni a vuoto;
— la tensione di corto circuito;
— il fattore di potenza di corto circuito.

Essi sono riportati successivamente in ordine di importanza.

Trasformatori con uguale rapporto di trasformazione

Cominciamo col dire che se il rapporto a vuoto dei due trasformatori che funzionano in parallelo è uguale, i trasformatori a vuoto non assorbono corrente ed a carico la ripartizione delle correnti è influenzata solo dalle tensioni di corto circuito e dal fattore di potenza di corto circuito.

Si ricorda a questo punto che la tensione di corto circuito è il valore (riferito in percento della tensione nominale) della tensione necessaria a far circolare nel trasformatore di cui si siano collegati in corto circuito i morsetti di un avvolgimento, le correnti nominali, alimentando i morsetti dell'altro avvolgimento.

Il fattore di potenza di corto circuito è rappresentato dal coseno dell'angolo dell'impedenza di corto circuito ed è uguale al rapporto R/Z fra la componente ohmica di tale impedenza e l'impedenza stessa.

Nella figura 4 è riportato il diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti relativo al parallelo fra due trasformatori di uguale potenza aventi:

— uguale rapporto a vuoto;
— uguale tensione di corto circuito;
— uguale fattore di potenza di corto circuito.

In questo caso la ripartizione della corrente fra

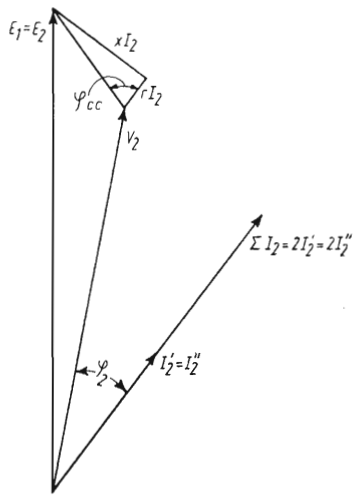


Fig. 4 - Diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti di due trasformatori in parallelo aventi uguale potenza, uguale rapporto a vuoto, uguali tensioni di corto circuito e uguale fattore di potenza di corto circuito. Il diagramma resta valido anche quando le due potenze non siano uguali; in tal caso sarà:
$I'_2 \neq I''_2 \qquad \Sigma I_2 = I'_2 + I''_2$

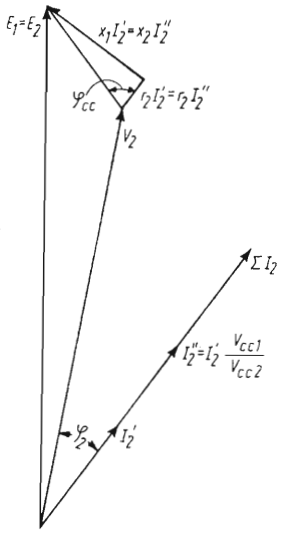


Fig. 5 - Diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti di due trasformatori in parallelo aventi uguale potenza, uguale rapporto a vuoto, ma tensioni di corto circuito diverse con uguale fattore di potenza di corto circuito.

i due trasformatori è perfetta ed ognuno dei due si assume la metà della corrente totale ΣI_2. Se i due trasformatori non sono di uguale potenza, ferme restando le altre condizioni, si realizza ancora una perfetta ripartizione delle correnti, che sarà in questo caso proporzionale alla potenza dei singoli trasformatori, essendo le due impedenze in parallelo assimilabili ad un arco doppio in cui la corrente è ripartita fra i due rami in ragione inversa della impedenza (in ohm), ed essendo (a pari $V_{cc}\%$) le impedenze (in ohm) inversamente proporzionali alle potenze stesse. L'impedenza 2 di cui si parla, è un un valore fittizio in quanto uguale al rapporto fra una tensione concatenata (di corto circuito) e una corrente di linea.

Scrivendo:

$$z_1 \text{ (in ohm)} = \frac{V_{cc1}\,(\%)\;E_1}{100\;I'_{2n}} \qquad [1]$$

$$z_2 \text{ (in ohm)} = \frac{V_{cc2}\,(\%)\;E_2}{100\;I''_{2n}} \qquad [2]$$

e siccome i rapporti fra le tensioni a vuoto sono uguali $E_1 = E_2$ ed uguali le tensioni di corto circuito $V_{cc1} = V_{cc2}$, saranno:

$$z_1 \equiv \frac{1}{I'_{2n}} \quad \text{e} \quad z_2 \equiv \frac{1}{I''_{2n}}$$

(E rappresenta la tensione secondaria a vuoto e I_{2n} la corrente nominale) sarà:

$$I'_2 = \frac{\Sigma I_2}{z_1 + z_2}\, z_2 \qquad [3]$$

$$I''_2 = \frac{\Sigma I_2}{z_1 + z_2}\, z_1 \qquad [4]$$

$$\Sigma I_2 = I'_{2n} + I''_{2n}$$

$$\Sigma I_2 = I'_2 + I''_2$$

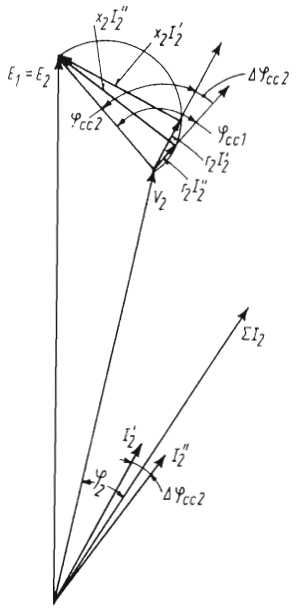


Fig. 6 - Diagramma vettoriale delle tensioni e delle correnti di due trasformatori in parallelo aventi uguale potenza, uguale rapporto a vuoto, uguale tensione di corto circuito ma diverso fattore di potenza di corto circuito.

ed esprimendo in funzione delle tensioni di corto circuito si potrà scrivere:

$$I'_2 = \Sigma I_2 \, I'_{2n} \frac{V_{cc2}}{V_{cc1} I''_{2n} + V_{cc2} I'_{2n}} \qquad [5]$$

$$I''_2 = \Sigma I_2 I''_{2n} \frac{V_{cc1}}{V_{cc1} I''_{2n} + V_{cc2} I'_{2n}} \qquad [6]$$

Essendo, come detto, le tensioni di corto circuito uguali risulteranno le correnti di ripartizione $I'_2 = I'_{2n}$ e $I''_2 = I''_{2n}$ uguali alle correnti nominali dei due trasformatori in parallelo.

Se le tensioni di corto circuito sono diverse, ma uguali i fattori di potenza di corto circuito, la ripartizione delle correnti avviene in base alle espressioni [5] e [6] che sono sempre valide sia che le potenze siano uguali sia che non lo siano.

Se le potenze sono uguali fra di loro si potrà scrivere più semplicemente:

$$I'_2 = \Sigma I_2 \frac{V_{cc2}}{V_{cc1} + V_{cc2}} \qquad [7]$$

$$I''_2 = \Sigma I_2 \frac{V_{cc1}}{V_{cc1} + V_{cc2}} \qquad [8]$$

da queste si ricava (si veda anche la fig. 5):

$$I''_2 = I'_2 \frac{V_{cc1}}{V_{cc2}} \qquad [9]$$

Se le potenze sono disuguali valgono le [5] e [6] ed inoltre la:

$$I''_2 = I'_2 \frac{V_{cc1} I''_{2n}}{V_{cc2} I'_{2n}} \qquad [10]$$

Se gli angoli delle impedenze di corto circuito dei due trasformatori differiscono fra di loro ($\varphi_{cc1} \neq \varphi_{cc2}$), il problema si complica un poco a causa dello sfasamento che si produce fra le due correnti secondarie (fig. 6).

In tal caso non si potrà più operare con i valori delle impedenze in ohm o coi valori percentuali delle tensioni di corto circuito, ma bisognerà tener conto dei parametri resistenza (R) e induttanza (X) della impedenza di corto circuito.

L'arco doppio da considerare sarà allora quello della figura 7 e si dovrà considerare il fatto che le due correnti secondarie nell'interno dei due trasformatori non saranno più in fase fra di loro ma sfasate.

Le formule [3] e [4] viste sopra diventeranno relazioni vettoriali anzichè scalari cosicchè si potrà scrivere:

$$I'_2 = \Sigma I_2 \frac{\bar{z}_2}{\bar{z}_1 + \bar{z}_2} = \Sigma I_2 \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + jx_1 + r_2 + jx_2} =$$

$$I'_2 = \Sigma I_2 \frac{r_2 (r_1 + r_2) + x_2 (x_1 + x_2)}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2} - \frac{j\,[r_2 (x_1 + x_2) - x_2 (r_1 + r_2)]}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2} \qquad [11]$$

come pure:

$$I''_2 = \Sigma I_2 \frac{\bar{z}_1}{\bar{z}_1 + \bar{z}_2} = \Sigma I_2 \frac{r_1 + jx_1}{r_1 + jx_1 + r_2 + jx_2}$$

$$I''_2 = \Sigma I_2 \frac{r_1 (r_1 + r_2) + x_1 (x_1 + x_2)}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2} - \frac{j\,[r_1 (x_1 + x_2) - x_1 (r_1 + r_3)]}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2} \qquad [12]$$

L'angolo di sfasamento fra le due correnti I'_2 e I''_2 sarà uguale alla differenza fra gli angoli caratteristici delle impedenze di corto circuito dei trasformatori $\Delta\varphi_{cc} = \varphi_{cc1} - \varphi_{cc2}$ essendo:

$$\cos \varphi_{cc1} = \frac{r_1}{z_1}$$

$$\cos \varphi_{cc2} = \frac{r_2}{z_2} \qquad (*)$$

Utilizzazione di trasformatori funzionanti in parallelo

Ammettiamo che vi siano diversi trasformatori funzionanti in parallelo e consideriamo il primo di essi caricato al suo carico nominale.

Sia cioè $I'_2 = I'_{2n}$

dalla [10] risulterà che:

$$I''_2 = I'_{2n} \frac{V_{cc1}}{V_{cc2}}$$

e considerando un terzo ed altri trasformatori sarà anche:

(*) Si ricorda anche qui che il valore di r si ottiene dal rapporto $r = p_{cc}/P$, ove p_{cc} rappresenta le perdite in corto circuito del trasformatore e P la sua potenza nominale.

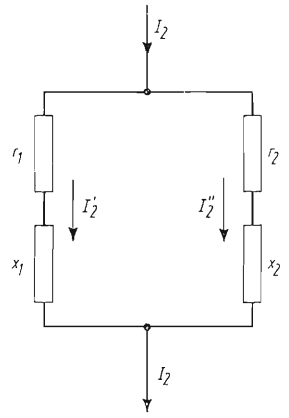


Fig. 7 - Determinazione delle correnti in due trasformatori in parallelo aventi diverse impedenze di corto circuito con angoli di impedenze diversi.

$$z_1 = r_1 + jx_1$$

$$z_2 = r_2 + jx_2$$

$$I'_2 = \Sigma I_2 \frac{z_2}{z_1 + z_2} = \Sigma I_2 \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + jx_1 + r_2 + jx_2}$$

$$= \Sigma I_2 \frac{r_2 (r_1 + r_2) + x_2 (x_1 + x_2) - j\,[r_2 (x_1 + x_2) - x_2 (r_1 + r_2)]}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}$$

$$I''_2 = \Sigma I_2 \frac{z_1}{z_1 + z_2} = \Sigma I_2 \frac{r_2 + jx_2}{r_1 + jx_1 + r_2 + jx_2}$$

$$= \Sigma I_2 \frac{r_1 (r_1 + r_2) + x_1 (x_1 + x_2) - j\,[r_1 (x_1 + x_2) - x_1 (r_1 + r_2)]}{(r_1 + r_2)^2 + (x_1 + x_2)^2}$$

$$I'''_2 = I'''_{2n} \frac{V_{cc1}}{V_{cc3}}, \text{ ecc.}$$

Sarà così la corrente erogata dal gruppo dei trasformatori in parallelo:

$$I_2 = I'_{2n} + I''_{2n} \frac{V_{cc1}}{V_{cc2}} + I'''_{2n} \frac{V_{cc1}}{V_{cc3}} + \text{ecc.}$$

la somma sarà scalare o vettoriale a seconda se vi siano sfasamenti fra le correnti.

Si definisce utilizzazione del parallelo il rapporto fra la I_2 e la somma algebrica delle correnti nominali dei trasformatori in parallelo

$$\eta = \frac{\bar{I}'_{2n} + \bar{I}''_{2n} \dfrac{V_{cc1}}{V_{cc2}} + I'''_{2n} \dfrac{V_{cc1}}{V_{cc3}}}{I'_{2n} + I''_{2n} + I'''_{2n}}$$

Non si considera in questa esposizione la condizione di rapporto a vuoto differente ma solo di V_{cc} differente per i diversi trasformatori.

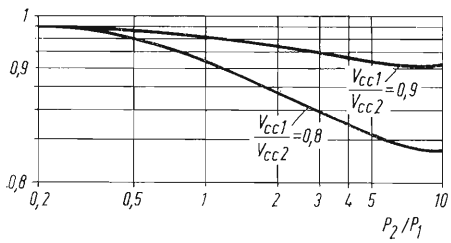


Fig. 8.

Nella figura 8 è riportato l'andamento della ut iliz zazione di coppie di trasformatori funzionanti in parallelo aventi rapporto fra le tensioni di corto circuito di 0,9 e di 0,8 in funzione del rapporto fra le potenze P_2/P_1.

Si ricorda che tutte le norme limitano il rapporto delle potenze di due trasformatori che debbano funzionare in parallelo a valori variabili da 2 a 4. Il motivo è chiaro in quanto assai modesto verrebbe ad essere l'apporto di potenza di un trasformatore di potenza molto più piccola di quello con cui dovrebbe funzionare in parallelo ed il parallelo sarebbe precario anche per la difficile similitudine dei due trasformatori.

Trasformatori con diverso rapporto di trasformazione

Si prendano ora in considerazione i casi i cui rapporti fra le tensioni a vuoto dei due trasformatori in parallelo non siano uguali.

Si presenteranno allora diversi casi:

a) sono uguali le V_{cc} e i fattori di potenza di corto circuito;

b) sono uguali le V_{cc} e diversi i fattori potenza di corto circuito;

c) sono diverse le V_{cc} ed uguali i fattori di potenza di corto circuito;

d) sono diverse sia le V_{cc} sia i fattori potenza di corto circuito.

In tutti i casi circolerà a vuoto fra i trasformatori una corrente all'interno del parallelo; essa assumerà il valore:

$$I_c = \frac{E_1 - E_2}{\bar{z}_1 + \bar{z}_2}$$

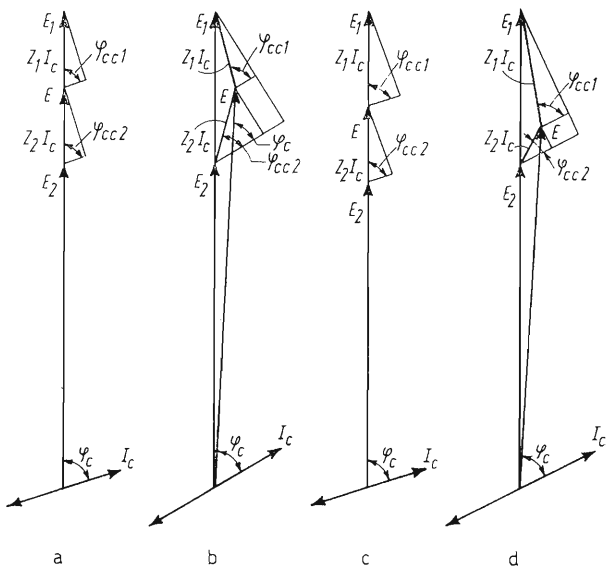


Fig. 9 - Funzionamento in parallelo a vuoto di due trasformatori aventi rapporti a vuoto diversi $E_1 \neq E_2$ e:

a – tensioni e fattori di potenza di corto circuito uguali

b – tensioni di corto circuito uguali e fattori di potenza di corto circuito diversi

c – tensioni di corto circuito diversi e fattore di potenza di corto circuito uguali

d – tensioni e fattore di potenza di corto circuito diversi.

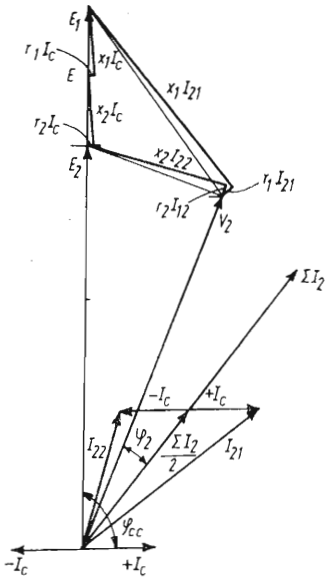


Fig. 10 - Diagramma vettoriale delle tensioni e correnti di due trasformatori in parallelo aventi uguali potenze uguali tensione di corto circuito e diverso rapporto a vuoto.

ove E siano i valori delle tensioni secondarie dei due trasformatori a vuoto in volt e z le impedenze di corto circuito in ohm.

Se i fattori di potenza di corto circuito sono uguali (casi *a* e *c*) la somma delle impedenze è algebrica, altrimenti è vettoriale.

I diagrammi vettoriali delle correnti e delle tensioni relativi ai quattro casi citati sono riportati nella figura 9.

La corrente di circolazione I_c sarà sfasata rispetto alla f.e.m a vuoto dell'angolo φ_c. Esso è l'angolo caratteristico della impedenza somma delle due impedenze dei trasformatori che funzionano in parallelo e cioè:

$$\operatorname{tg} \varphi_c = \frac{\Sigma r}{\Sigma z} \qquad [13]$$

φ_c coinciderà con l'angolo caratteristico della impedenza di corto circuito nei casi *a* e *c*) mentre sarà differente negli altri.

L'espressione più generale per ricavare la I_c sarà, tenendo conto dei possibili sfasamenti fra le impedenze:

$$I_c = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + jx_1 + r_2 + jx_2} \qquad [14]$$

Al secondario dei due trasformatori collegati in parallelo si stabilirà una tensione a vuoto:

$$E = \overline{E}_1 - \overline{z}_1 I_c = \overline{E}_2 + \overline{z}_2 I_c \qquad [15]$$

L'espressione sarà algebrica o vettoriale a seconda dei casi.

Quando si chiuda il complesso dei due trasformatori su di un carico di impedenza Z_2, con fattore di potenza φ_2 il carico I_2 si ripartirà fra i due trasformatori in due correnti che si sommeranno o si sottrarranno vettorialmente con la I_c determinando così una I_{21} ed una I_{22} sfasate fra di loro.

La tensione secondaria V_2 risulterà uguale:

$$V_2 = \overline{E_1} - \overline{z_1 I_{21}}$$

$$V_2 = \overline{E_2} - \overline{z_2 I_{22}}$$

Nella figura 10 è rappresentato il diagramma vettoriale delle correnti e delle tensioni per il caso *a*).

Si lasciano immaginare i diagrammi vettoriali relativi agli altri casi.

Se le due potenze non sono uguali risulterà ancora valida la [14] ma il diagramma vettoriale a carico si modificherà come rappresentato nella fig. 11.

Provvedimenti da prendere per correggere le condizioni di parallelo (fig. 12)

Quando le differenze fra i parametri caratteristici che presiedono il parallelo (rapporto e V_{cc}) sono tali da non consentire un corretto funzionamento, si possono prendere opportuni provvedimenti.

Per correggere la tensione di corto circuito è sempre possibile inserire in serie al trasformatore che ha la V_{cc} più bassa una reattanza ausiliare tale che l'impedenza totale risulti corretta. Si dovrà (ma questo è assai meno importante) fare attenzione anche al fattore di potenza di corto circuito.

Diciamo subito a questo riguardo che la differenza fra gli angoli caratteristici è di solito assolutamente trascurabile e può avere qualche importanza solo nel caso di trasformatori di piccola potenza.

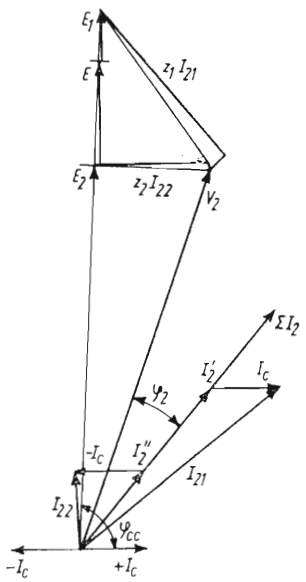


Fig. 11 - Diagramma vettoriale delle tensioni e correnti di due trasformatori in parallelo aventi potenze diverse e uguali tensioni di corto circuito, impedenze di corto circuito proporzionali alle potenze, uguali fattori di potenza di corto circuito e diversi rapporti a vuoto.

Per ciò che riguarda la differenza di rapporto un sistema possibile di correzione consiste nella inserzione di un autotrasformatore.

L'autotrasformatore è alimentato dalla differenza fra le tensioni a vuoto dei due trasformatori e deve essere dimensionato in modo da poter determinare una corretta ripartizione anche a pieno carico.

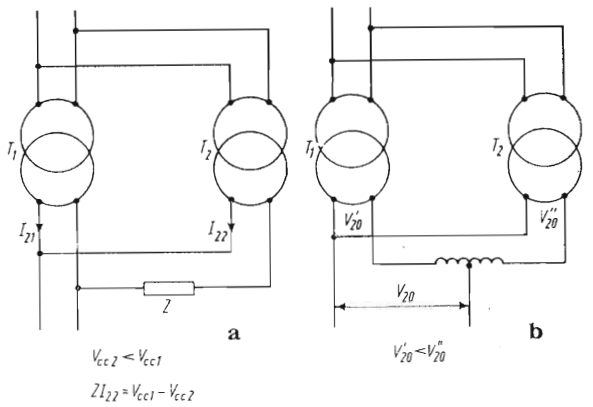


Fig. 12 - Correzione delle tensioni di corto circuito mediante reattanza ausiliaria (a) e correzione del rapporto di trasformazione mediante autotrasformatore (b).

Trasformatori a tre avvolgimenti (fig. 13)

Condizioni per il parallelo:

1) uguali tensioni nominali a vuoto;

2) uguali collegamenti dei diversi avvolgimenti o comunque angoli di sfasamento uguali fra le tensioni degli avvolgimenti secondari e terziari rispetto alle tensioni degli avvolgimenti primari;

3) uguali tensioni di corto circuito riferite alle rispettive potenze nominali;

4) uguali fattori di potenza di corto circuito riferiti alle rispettive tensioni di corto circuito;

5) potenze simili sui diversi avvolgimenti.

L'ultima condizione è essenziale per il parallelo ma va fatto presente anche che il parallelo deve avvenire su tutti e tre gli avvolgimenti.

Se un trasformatore infatti è caricato su tutti e tre gli avvolgimenti ed è collegato in parallelo ad un altro solo su due avvolgimenti, il parallelo viene influenzato dalle cadute interne dovute alla corrente del terzo avvolgimento.

Il controllo della ripartizione delle correnti fra i due trasformatori a tre avvolgimenti funzionanti in parallelo può venire effettuato procedendo nel modo seguente: dai valori di tensioni di corto circuito binario dei due trasformatori si ricavano i valori delle tensioni di corto circuito riferite ai singoli avvolgimenti (o meglio il valore delle impedenze, percentuali o in ohm):

Trasformatore A	*Trasformatore B*
$z_{1a} = \dfrac{z_{12a} + z_{13a} - z_{23a}}{2}$	$z_{1b} = \dfrac{z_{12b} + z_{13b} - z_{23b}}{2}$
$z_{2a} = \dfrac{z_{12a} + z_{23a} - z_{13a}}{2}$	$z_{2b} = \dfrac{z_{12b} + z_{23b} - z_{13b}}{2}$
$z_{3a} = \dfrac{z_{13a} + z_{23a} - z_{12a}}{2}$	$z_{3b} = \dfrac{z_{13b} + z_{23b} - z_{12b}}{2}$

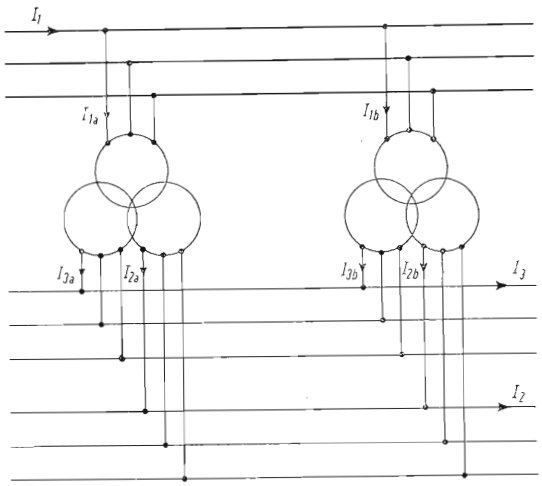


Fig. 13 - Trasformatori a 3 avvolgimenti in parallelo.

Con le impedenze cosi trovate si potrà realizzare una rete di impedenze che riportiamo nella figura 14.

Consideriamo che la corrente primaria sia I_1, la secondaria I_2 e la terziaria I_3 al di fuori del parallelo, tali che $I_1 = I_2 + I_3$ (somma scalare o vettoriale a seconda se i fattori di potenza dei carichi secondari o terziari sono uguali o no).

Negli avvolgimenti dei due trasformatori circoleranno le correnti:

Trasformatore A	*Trasformatore B*
I_{1a}	$I_{1b} = I_1 - I_{1a}$
I_{2a}	$I_{2b} = I_2 - I_{2a}$
I_{3a}	$I_{3b} = I_3 - I_{3a}$

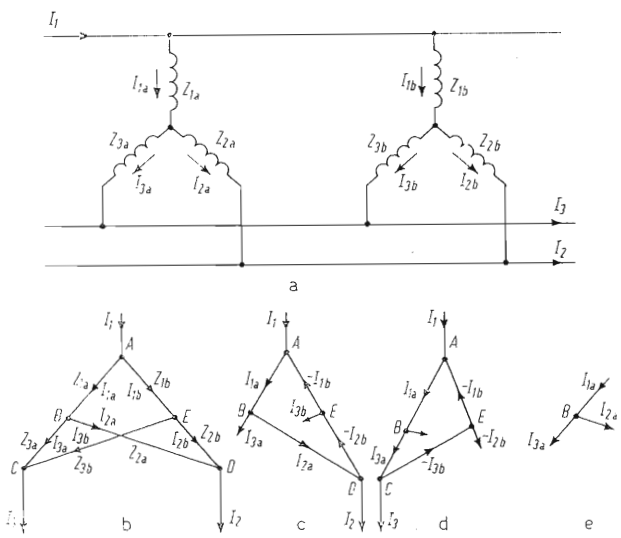


Fig. 14 - Rappresentazione unipolare di due trasformatori a tre avvolgimenti in parallelo (a), rete delle impedenze (b) e maglia e nodo considerati per il calcolo delle correnti (c. d. e).

Per calcolare le tre correnti I_{1a}, I_{2a}, I_{3a} e quindi le correnti I_{1b}, I_{2b}, I_{3b}, si dovrà scrivere un sistema di equazioni costituito dall'equazione ad un nodo della rete e da due equazioni alle maglie $ABCEA$ e $ABDEA$ (vedi fig. 14).

Sarà così:

$$I_{1a}z_{1a} + I_{3a}z_{3a} - (I_3 - I_{3a})\, z_{3b} - (I_1 - I_{1a})\, z_{1b} = 0$$
$$I_{1a}z_{1a} + I_{2a}z_{2a} - (I_2 - I_{2a})\, z_{2b} - (I_1 - I_{1a})\, z_{1b} = 0$$
$$I_{1a} = I_{2a} + I_{3a}$$

in questo sistema le incognite saranno le tre correnti I'_1, I'_2, I'_3. La soluzione del sistema porterà al valore delle incognite:

$$I_{3a} = \frac{(z_{3b}I_3 + z_{1b}I_1)\,(z_{1a} + z_{2a} + z_{1b} + z_{2b}) - (z_{1a} + z_{1b})\,(z_{2b}I_2 + z_{1b}I_1)}{(z_{1a} + z_{1b})\,(z_{2a} + z_{2b}) + (z_{3a} + z_{3b}) \times (z_{1a} + z_{2a} + z_{1b} + z_{2b})}$$

$$I_{1a} = \frac{(z_{3b}I_3 + z_{1b}I_1)}{(z_{1a} + z_{1b})} - \frac{(z_{3a} + z_{3b})\,[(z_{3b}I_3 + z_{1b}I_1)}{(z_{1a} + z_{1b})\,[(z_{1a} + z_{1b})} \times \frac{(z_{1a} + z_{2a} + z_{1b} + z_{2b}) - (z_{1a} + z_{1b})\,(z_{2b}I_2 + z_{1b}I_1)]}{(z_{2a} + z_{2b}) + (z_{3a} + z_{3b})\,(z_{1a} + z_{2a} + z_{1b} + z_{2b})]}$$

$$I_{2a} = I_{1a} - I_{3a}$$

e da queste:

$$I_{1b} = I_1 - I_{1a}$$
$$I_{2b} = I_2 - I_{2a}$$
$$I_{3b} = I_3 - I_{3a}$$

Determinazione del gruppo di collegamento dei trasformatori trifasi

Per poter decidere le possibilità di parallelo fra due trasformatori si è detto che è anzitutto necessario conoscere il gruppo di appartenenza. A tale scopo si suggeriscono diversi metodi. Alcuni sono riportati sulle norme CEI Trasformatori (edizione 69) e pertanto ad esse si rimanda.

Si riporta qui un metodo di qualche interesse e di facile applicazione. Esso consiste nell'alimentare una coppia qualsiasi di morsetti lato AT e di effettuare la misura dei rapporti di trasformazione fra tale coppia e tutte le altre coppie di morsetti *bt*.

Si potrà subito dire che:

a) il gruppo di appartenenza è pari se due rapporti sono abbastanza uguali fra di loro ed il terzo è tale che il suo inverso è uguale alla somma degli inversi degli altri due;

TABELLA II

Caso *a*): gruppi pari

Coppia di morsetti su cui si è misurato il rapporto più basso			Sfasamento fra *bt* ed *AT*	Gruppo CEI
aliment. *AB*	aliment. *BC*	aliment. *CA*		
ab	*bc*	*ca*	0	0
cb	*ac*	*ba*	60	2
ca	*ab*	*bc*	120	4
ba	*cb*	*ac*	180	6
bc	*ca*	*ab*	240	8
ac	*ba*	*cb*	300	10

Caso *b*): gruppi dispari

Coppie di morsetti su cui si sono misurati rapporti abbastanza uguali fra di loro.			Sfasamento fra *bt* ed *AT*	Gruppo CEI
aliment. *AB*	aliment. *BC*	aliment. *CA*		
ab-cb	*bc-ac*	*ca-ba*	30	1
cb-ca	*ac-ab*	*ba-bc*	90	3
ca-ba	*ab-cb*	*bc-ac*	150	5
ba-bc	*cb-ca*	*ac-ab*	210	7
bc-ac	*ca-ba*	*ab-cb*	270	9
ac-ab	*ba-bc*	*cb-ca*	330	11

b) il gruppo di appartenenza è dispari se due rapporti sono abbastanza uguali fra di loro ed il terzo è tale che il suo inverso è uguale alla differenza degli inversi degli altri due.

Il gruppo di appartenenza sarà determinato poi in base alla tabella II.

Per stabilire poi se un avvolgimento è collegato a stella oppure a triangolo si ricorre a diversi metodi.

Uno dei più semplici consiste nell'alimentare l'avvolgimento con un sistema di tensioni trifasi simmetriche ed esaminare le tre correnti a vuoto.

Se il collegamento è a triangolo le correnti sono due più piccole ed una più grande, se a stella si avranno due correnti più grandi ed una più piccola. Ciò è dovuto alla differente riluttanza dei circuiti magnetici interessati ed al sommarsi delle correnti di fase in quelle di linea (nel caso del collegamento a triangolo).

La regola non è valida per trasformatori (di grandissima potenza) con nucleo a cinque colonne.

Caratteristiche degli alternatori ad alta frequenza

MICRON

Facendo seguito all'articolo pubblicato sul fascicolo 11/70 (G. Rago - Gli alternatori a ferro rotante) si illustrano le prove condotte su di una macchina sperimentale prevista per una potenza di 10 kW, 20 000 Hz. Per la separazione delle perdite nel rame e per attrito sono stati adottati gli stessi metodi usati per gli alternatori normali, mentre per le perdite nel ferro sono stati seguiti taluni accorgimenti, essendo queste perdite assai elevate per l'alta frequenza in giuoco. Le caratteristiche di esercizio di questi alternatori tendono a dimostrare come essi possano essere idonei quali fonte di energia per forni ad alta frequenza e per altre applicazioni interessanti.

Per determinare le caratteristiche di un alternatore del tipo a ferro rotante venne costruito e provato un alternatore sperimentale progettato per una potenza di 10 kW, avente i seguenti dati: 10 kW, 20 000 Hz, monofase, 6670 giri/minuto.

Il nucleo statorico venne munito di una sezione cava attraverso la quale poteva essere fatta circolare l'acqua di raffreddamento mentre l'alternatore era in esercizio. Il raffreddamento ad acqua era reso necessario dalle alte perdite nel ferro dovute alla elevata frequenza delle pulsazioni di flusso.

Il corpo rotorico era costituito da lamine d'acciaio molto sottili, con 180 cave tranciate nella loro parte periferica. Il nucleo statorico era costituito esso pure da sottili lamine d'acciaio e le sue 180 cave, che avevano all'incirca le stesse dimensioni di quelle di rotore, erano state ricavate nel ferro statorico, lasciando 180 denti corrispondenti ai 180 denti di rotore. In dieci punti ugualmente distanziati tra loro furono tolti gruppi di 7 denti, per fornire l'alloggio all'avvolgimento di statore, che consisteva in dieci bobine, ognuna delle quali aveva sei spire di piattina di rame avvolte di costa. Si collocò una bobina intorno a ognuno dei dieci gruppi di denti statorici. Queste dieci bobine vennero connesse in serie nello stesso modo delle 10 bobine di campo di un normale generatore a corrente continua a 10 poli. Queste bobine costituivano l'unico avvolgimento dell'alternatore e servivano sia come avvolgimento di campo, per eccitare l'alternatore, sia come avvolgimento di armatura per raccogliere la corrente generata. Questo doppio uso di un solo avvolgimento sfrutta in modo particolarmente efficace il rame perché, per l'effetto pellicolare, la componente alternata della corrente di statore scorre più o meno solo alla superficie del conduttore, mentre la corrente continua scorre nel centro del conduttore stesso. In tal modo l'effettiva resistenza dell'avvolgimento di statore è bassa, a causa della superficie relativamente ampia del conduttore, vantaggio che viene ottenuto senza la complicazione e la spesa dovuta alla trasposizione.

Collegamenti del circuito ed esercizio

La corrente continua per l'eccitazione viene trasmessa all'alternatore attraverso due bobine di sbarramento come indicato nella figura 1. Questa corrente genera un flusso magnetico simile a quello che si genera in un generatore a corrente continua a dieci poli. Quando il rotore gira, i denti del rotore causano una pulsazione in questo flusso, che genera una forza elettromotrice nelle bobine di statore. Questa forza elettromotrice compie un ciclo completo ogni volta che il rotore muove di un passo un dente. Perciò, in corrispondenza dei 180 denti di rotore, la forza elettromotrice generata compie 180 cicli completi per ogni rivoluzione del rotore e quindi la frequenza della corrente generata a 6 670 giri/min. sarà di 20 000 Hz. Il circuito di carico, rappresentato dalla resistenza R (fig. 2), è connesso alle estremità dell'avvolgimento di statore per mezzo di un condensatore come indicato. Questo condensatore serve a due scopi; in primo luogo impedisce alla corrente continua di fluire nel circuito di carico e, in secondo luogo, serve a compensare l'induttanza dell'avvolgimento

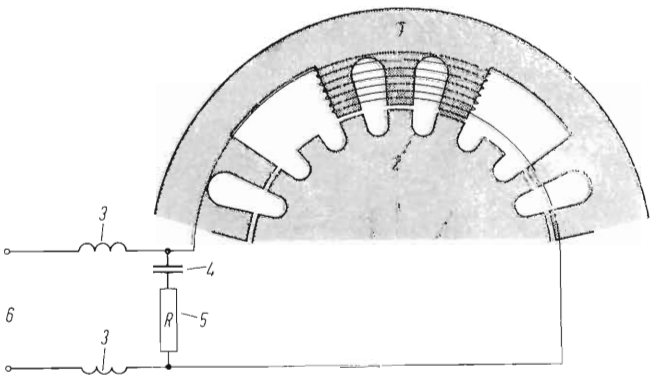


Fig. 1 - Alternatore ad alta frequenza del tipo a reazione.
1 - Statore
2 - Rotore
3 - Bobina di sbarramento
4 - Condensatore
5 - Resistenza di carico R
6 - Eccitazione in corrente continua.

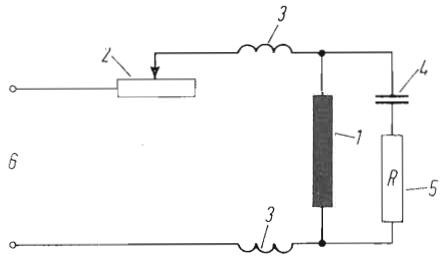


Fig. 2 - Schema dei collegamenti.
1 - Avvolgimento dell'alternatore
2 - Regolazione del campo
3 - Bobina di sbarramento
4 - Condensatore
5 - Resistenza di carico *R*
6 - Eccitazione in corrente continua

rendendo così utilizzabile, per il carico esterno, quasi tutta la tensione generata. La corrente ad alta frequenza generata dall'alternatore viene impedita dal fluire attraverso il circuito di eccitazione da due bobine di sbarramento.

Caratteristiche operazionali determinate dalle prove

Le caratteristiche di questo alternatore quando funziona su di un carico non induttivo di 57,4 ohm sono mostrate dalla figura 3.

I dati di queste curve vennero rilevati dopo che l'alternatore aveva fornito una potenza di 10 kW per un periodo di tempo sufficiente per raggiungere uno stato termico di equilibrio. La resistenza di carico non induttivo venne collocata nel circuito come viene indicato nella figura 2 (resistenza *R*). La capacità *C* aveva un valore di 0,0782 μF. Questo valore della capacità era quello richiesto per compensare l'induttanza dell'avvolgimento in modo che il fattore potenza del circuito raggiungesse il valore unitaro per correnti varianti tra 10 e 15 A.

Come risulta dalla curva di figura 3, questo alternatore aveva una potenza massima di circa 15,4 kW quando funzionava con una resistenza di carico di 57,4 ohm. Si può affermare che, fino ad un certo punto, la potenza massima di un alternatore di questo tipo aumenta quando la resistenza di carico diminuisce, sebbene, nel medesimo tempo, il rendimento diminuisca. Il valore dell'effettiva resistenza di carico da scegliere in ogni caso particolare è perciò un compromesso tra la massima potenza ed il massimo rendimento. Questo valore di 57,4 ohm venne scelto in quanto consentiva una ragionevole capacità di sovraccarico (50 %) ed un discreto valore di rendimento alla potenza nominale di 10 kW pari al 65,3%. Misurato dal termometro immediatamente dopo l'arresto, dopo un esercizio di circa un'ora durante il quale l'alternatore aveva raggiunto la temperatura di equilibrio, l'aumento di temperatura fu il seguente: 65,5 °C nel rotore, 47 °C nell'avvolgimento dello statore a 36,,5 °C nel ferro statorico.

Eccitazione

I valori menzionati del rendimento non tengono conto della potenza richiesta per l'eccitazione. La ragione di ciò sta nel fatto che la potenza richiesta dipende quasi interamente dalla quantità di rame contenuto nelle bobine di sbarramento poste nei circuiti di eccitazione. La resistenza all'avvolgimento dell'alternatore era di 0,025 ohm alla temperatura raggiunta a pieno carico. La corrente normale di campo, come indicato dalle curve della figura 3, era di 60 A, perciò la potenza richiesta per l'eccitazione, non comprendente la perdita di potenza nelle bobine di sbarramento, era solo di $(60)^2 \times 0{,}025 = 90$ W.

Potenza massima

Dalle curve della figura 3, si è visto che quando la corrente di campo di questo alternatore viene aumentata al di sopra di un certo valore, la potenza diminuisce. Questo è causato da una diminuzione nella tensione generata dall'alternatore dovuta al relativo aumento nel flusso disperso tra i denti quando i denti stessi cominciano a saturarsi. Una curva di saturazione a vuoto avrebbe un rendimento analogo e indicherebbe la stessa diminuzione nella tensione in corrispondenza delle correnti di campo più alte.

Effetto della resistenza di carico sul rendimento e sulla potenza massima

Le curve della figura 4 mostrano che, almeno fino a un certo punto, il rendimento aumenta quando la resistenza di carico cresce. I dati per queste curve vennero ottenuti aumentando gradualmente la corrente di campo fino, e anche un po' oltre, ai

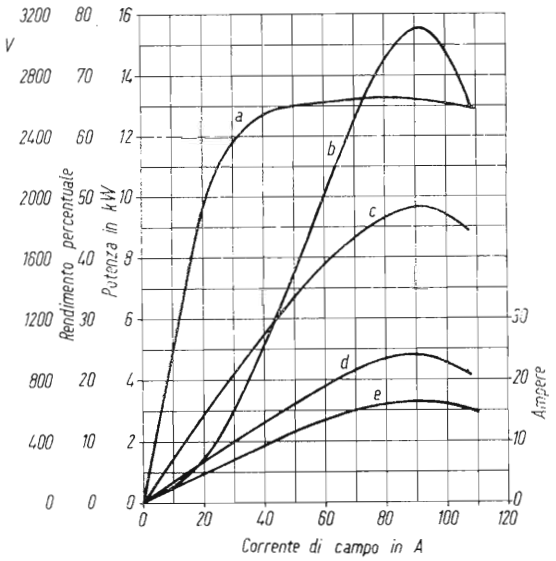


Fig. 3 - Caratteristiche ad alternatore caldo con carico non induttivo di 57,4 ohm.
a - Rendimento
b - Potenza
c - Tensione ai morsetti
d - Tensione per carico non induttivo
e - Carico in ampere.

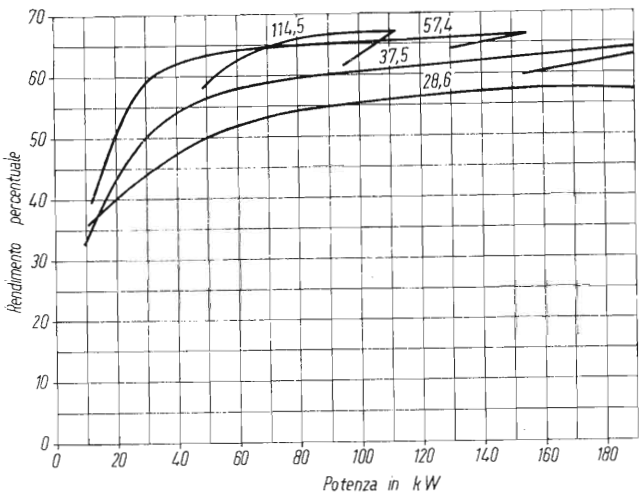


Fig. 4 - Variazione del rendimento (senza la potenza richiesta per l'eccitazione) in funzione della potenza e della resistenza di carico.

valori del campo che corrispondevano alla potenza massima per ogni valore particolare della resistenza di carico. E' evidente, da queste curve, che l'alto rendimento ottenuto per mezzo di un'elevata resistenza di carico, è ottenuto alle spese della potenza massima, il che vuol dire a spese della capacità di sovraccarico.

L'effetto del valore della resistenza di carico sulla potenza massima viene meglio evidenziato nella curva della figura 5. Tre punti, come indicato su questa curva, vennero ottenuti, dalle prove. Altri punti vennero ottenuti col calcolo, seguendo un metodo che verrà spiegato successivamente. Le caratteristiche di questo alternatore, per una gamma estesa di resistenza di carico, sono di particolare interesse in relazione al possibile uso di questo tipo di alternatore come fonte di energia per i forni elettrici del tipo a induzione. La resistenza effettiva del carico di un tale forno varia grandemente con la natura e la quantità del materiale da trattare. Le curve della figura 6 indicano che con l'adattamento delle correnti di campo è possibile mantenere la potenza dell'alternatore costante, a circa 10 kW, per valori della resistenza effettiva di carico da 12 a circa 120 Ω. Le curve della figura 7 vennero ottenute in base a condizioni simili a quelle per la figura 6 eccetto per la corrente di campo che venne tenuta costante e uguale a 50,2 A.

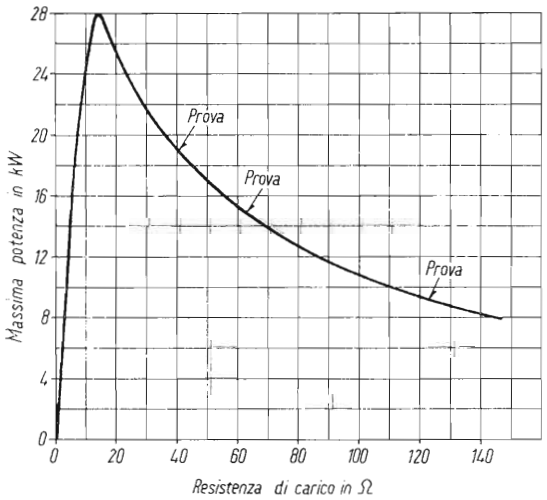


Fig. 5 - Potenza massima in funzione della resistenza di carico

Separazione delle perdite

Le perdite nel rame e per attrito vennero, per quanto riguarda questo tipo di alternatore, determinate con lo stesso metodo come per gli alternatori normali e trovate uguali a 1 400 W alla velocità normale di 6 670 giri/min.

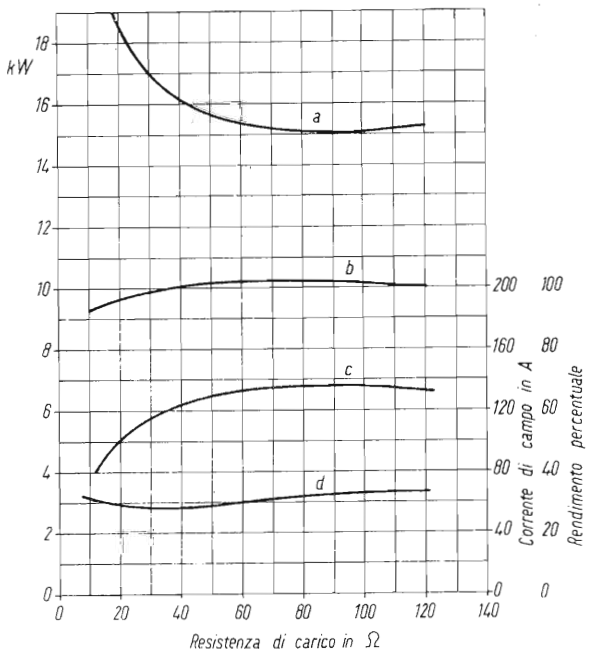


Fig. 6 - Curve indicanti la possibilità di esercizio a potenza costante per un'ampia gamma della resistenza di carico mediante la messa a punto della corrente di campo.

a – Potenza assorbita
b – Potenza generata
c – Rendimento
d – Corrente di campo.

Perdite nel rame

La resistenza dell'avvolgimento statore a caldo era di 0,025 Ω, misurata con la corrente continua. Le perdite nel rame, in condizioni di carico normali, sono perciò approssimativamente le seguenti:

$(60)^2 \times 0{,}025 = 90$ W di perdite dovute alla corrente di campo;

$(13{,}2)^2 \times 0{,}025 = 4{,}4$ W di perdite dovute alla corrente di carico.

Questo semplice metodo di determinazione delle perdite nel rame è ovviamente non strettamente corretto, in quanto non tiene conto dell'aumento della resistenza effettiva dell'avvolgimento dovuto all'effetto pellicolare per l'alta frequenza della corrente di carico, ossia del fatto che sia la corrente di eccitazione che quella di carico fluiscono attra-

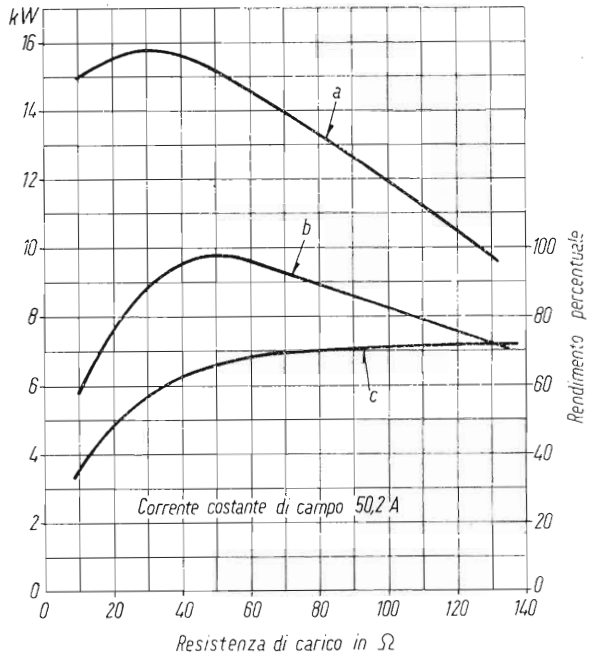


Fig. 7 - Curve indicanti le variazioni della potenza assorbita, della potenza generata e del rendimento in funzione della resistenza di carico mantenendo costante l'eccitazione del campo (50,2 A).
a – Potenza assorbita
b – Potenza generata
c – Rendimento.

verso lo stesso avvolgimento. Queste perdite sono così piccole, paragonate alle perdite nel ferro che, praticamente, possono essere completamente trascurate.

Perdite nel ferro

Le perdite nel ferro sono molto elevate in ogni alternatore ad alta frequenza, nel confronto di quelle che si hanno in un alternatore normale a bassa frequenza.

Perciò, al fine di determinare le caratteristiche di un alternatore ad alta frequenza, è necessario poter determinare la perdita nel ferro con notevole precisione.

I metodi generalmente usati nel determinare le perdite nel ferro di un alternatore a bassa frequenza non danno risultati soddisfacenti se applicati ad un alternatore ad alta frequenza.

Il seguente metodo di determinazione delle perdite nel ferro ha dato risultati soddisfacenti, tenendo conto del fatto che le perdite in oggetto possono essere divise in tre parti, come segue:

a) perdita nel ferro rotorico dovuta alla sua rotazione nella parte non pulsante o dispersa del flusso magnetico, generato dalla corrente continua;

b) perdita sia nel ferro rotorico che statorico dovuta alle pulsazioni ad alta frequenza del flusso magnetico, causato dalla rotazione dei denti di rotore;

c) perdite sia nel ferro statorico che in quello rotorico causate dalla circolazione della corrente di armatura nell'avvolgimento statorico.

L'energia che si dissipa nelle perdite di cui ai paragrafi *a*) e *b*) è fornita direttamente dalla coppia meccanica disponibile sull'albero. Perciò esse non possono influire nè sulla tensione, nè sulla potenza massima dell'alternatore.

L'energia per la perdita nel ferro del paragrafo *c*) è fornita elettricamente in un modo analogo a quanto si verifica per le perdite nel ferro di un trasformatore. Questa perdita ha l'effetto di accrescere la resistenza effettva dell'avvolgimento dell'alternatore, aumentando la caduta di tensione interna e diminuendo la potenza massima dell'alternatore.

In un alternatore a bassa frequenza del tipo usuale, le perdite del tipo *c*) sono relativamente piccole e non influiscono in alcun modo sulla potenza dell'alternatore, che è determinata da altri fattori, come la reattanza dell'avvolgimento ed il riscaldamento.

Nel caso di un alternatore del tipo a reazione, come quello che è oggetto del presente articolo, il dimensionamento è determinato dalla massima potenza possibile che è principalmente limitata dalle perdite del tipo *c*). Poichè l'induttanza dell'avvolgimento d'armatura è neutralizzata dalla capacità del condensatore in serie con il carico, la tensione utlizzabile non viene ridotta come nel caso dell'alternatore a bassa frequenza. Inoltre, si può prevedere lo spazio sufficiente per l'avvolgimento di armatura, cosicchè la potenza dell'alternatore non viene limitata dal riscaldamento dell'avvolgimento.

Al fine di predeterminare le caratteristiche di questo tipo di alternatore, è necessario trovare alcuni mezzi per separare le perdite nel ferro *c*) da quelle *a*) e *b*), determinando quali effetti abbia questa perdita sulla tensione dell'alternatore.

Le perdite combinate del tipo *a*) e *b*) possono essere ottenute col metodo usato per determinare le perdite analoghe negli alternatori normali facendo funzionare cioè l'alternatore a vuoto e misurando l'energia necessaria per azionarlo. La figura 8 mostra le perdite combnate nel ferro di tipo *a*) e *b*) per questo alternatore, in funzione della corrente di campo. Questa curva mostra una diminuzione della perdita in corrispondenza dei più alti valori di eccitazione dovuta alla saturazione dei denti dello statore e del rotore con la conseguente riduzione delle pulsazioni di flusso. La perdita nel nucleo

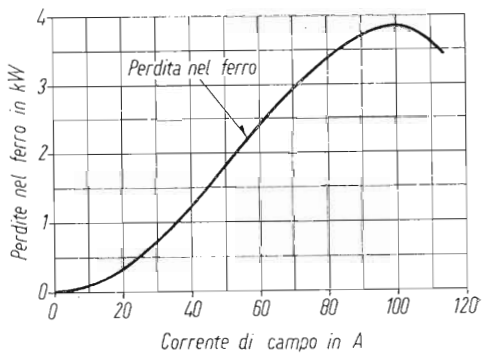


Fig. 8 - Perdite totali nel ferro del tipo *a* e *b*.

di tipo c) può essere ottenuta cortocircuitando l'alternatore per mezzo di un condensatore e usando una bassa eccitazione del campo. Il valore del condensatore dovrebbe essere tale che la sua reattanza capacitiva sia esattamente uguale alla reattanza induttiva dell'avvolgimento dell'alternatore. L'energia assorbita dall'alternatore in queste condizioni, dopo aver sottratto le perdite di avvolgimento, le perdite di attrito e la perdita $I^2 R$, può, per la maggior parte degli scopi pratici, essere assunta come misura della perdita nel ferro del tipo c), corrospondente al valore della corrente alternata che fluiva attraverso l'alternatore.

In queste condizioni si verifica una piccola perdita del tipo a) e b). Di ciò si può tener conto, se lo si desidera, ma nelle condizioni di bassa eccitazione richieste per questa prova di corto circuito, la si può trascurare. La perdita nel ferro dovuta alla corrente di armatura, determinata con il metodo del condensatore spiegato più sopra, è indicata nella figura 9 in funzione della corrente di armatura.

Siccome questa perdita nel ferro è una funzione della corrente di armatura, nello studio delle caratteristiche di esercizio di questo alternatore, è conveniente considerarla come dovuta a un incremento nella resistenza effettiva di armatura. Il valore equivalente dell'incremento della resistenza per ogni valore particolare della corrente di armatura, è ottenuto dividendo il valore delle perdite nel ferro in watt per il quadrato della corrente di armatura, a cui la perdita fu determinata.

La seconda curva della figura 9 mostra la resistenza effettiva corrispondente alle perdite del tipo c), come una funzione della corrente di armatura. Questo valore della resistenza effettiva non è costante, ma varia con la corrente in seguito alla saturazione magnetica del ferro di statore e di rotore.

La perdita totale nel ferro, ad ogni condizione di esercizio, potrebbe in un primo momento, essere considerata come la somma aritmetica delle perdite dei tipi a), b) e c).

Tuttavia, ciò non è vero. La ragione di ciò è dovuta al fatto che le pulsazioni di flusso nel ferro dovute alla corrente di armatura, sono sfasate rispetto alle pulsazioni nel flusso dovute alla rotazione dei denti di rotore. Uno studio del diagramma vettoriale per un alternatore del tipo a reazione, mostra che le pulsazioni nel flusso del ferro dovute alla corrente di armatura sono sfasate di 90° nel confronto delle pulsazioni causate dalla rotazione del rotore, quando la macchina funziona come un alternatore in risonanza.

Siccome queste due forze tendono a provocare pulsazioni nello stesso flusso, le pulsazioni effettive nel flusso sono proporzionali alla loro risultante. E' questa pulsazione risultante che provoca la perdita totale nel ferro dell'alternatore, che, in condizioni di carico, può con sufficiente precisione per la maggior parte degli scopi pratici, essere ottenuta dalle singole perdite con la formula seguente:

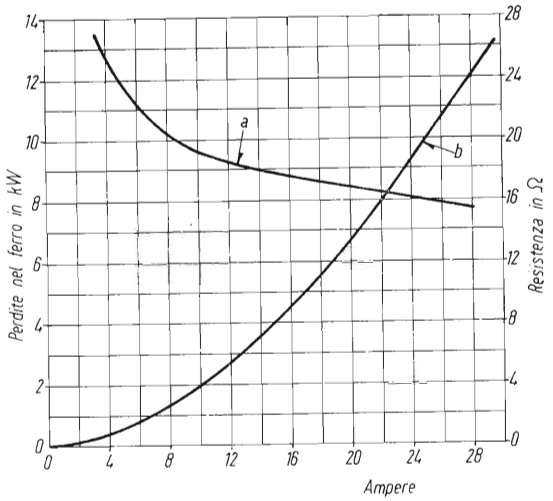


Fig. 9 - Perdite nel ferro di tipo C.
a – Resistenza effettiva
b – Perdita nel ferro dovuta alla corrente di armatura.

$$\text{perdita totale nel ferro} = \sqrt{(a + b)^2 + c^2}$$

Questa formula è solamente approssimata, per il fatto che essa si basa sull'assunzione che le perdite nel ferro varino direttamente con la densità del flusso, mentre praticamente esse variano come la potenza da 1,6 a 2 della densità di flusso. E' pure non esatto sommare la perdita a) a quella b) nella formula precedente. Tuttavia ciò è necessario, dal momento che non è pratico separare la perdita a) da quella b). In ogni caso la perdita a) è molto bassa a paragone con la perdita b) e la sua somma con la perdita b) non introduce alcun errore notevole. Questa formula ha dato risultati ragionevolmente buoni nella pratica attuale e si è dimostrata più soddisfacente del metodo, usato generalmente nel progettare alternatori a bassa frequenza monofasi, di usare arbitrariamente un terzo e altre percentuali fisse della perdita di carico, determinata da una prova in corto circuito.

Predeterminazione delle caratteristiche di esercizio

Le caratteristiche di esercizio complete di un alternatore di queso tipo, in ogni condizione di carico, possono venire predeterminate basandosi sui seguenti dati:

1) perdite nel rame e per attrito alla velocita di esercizio;

2) resistenza di armatura alla temperatura di esercizio;

3) curva di saturazione a vuoto;

4) perdite nel ferro del tipo a) e b) congiunte in funzione della corrente di campo;

5) perdita nel ferro di tipo c) in funzione della corrente di carico.

Per illustrare il metodo si voglia determinare il rendimento di questo alternatore quando dia un

potenza di 10 kW su di una resistenza di carico non induttivo di 57,4 ohm.

Sostituendo nella formula:

$$W = I^2 R$$

$$10\,000 = I^2 \times 57{,}4$$

$$I = 13{,}2 \text{ A di corrente di carico.}$$

Dalla figura 9 la perdita nel ferro del tipo c), corrispondente a una corrente di 13,2 A, è di 3 200 W e la sua resistenza effettiva di 18,3 ohm. Assumendo che l'alternatore sia portato in condizione di risonanza per mezzo di un condensatore in serie, ciò che corrisponde alla sua condizione normale di funzionameno come alternatore in risonanza, la tensione generata richiesta sarà complessivamente uguale a:

$$(57{,}4 + 18{,}3) \times 13{,}2 = 992 \text{ V.}$$

(La piccolissima caduta dovuta alla resistenza di armatura può essere trascurata).

La corrente di campo corrispondente a 992 V dovrebbe essere ottenuta dalla curva di saturazione a vuoto. Ammettendo che dalla curva suddetta si ricavi il valore di 60 A, la somma delle perdite nel ferro tel tipo *a*) e *b*) è 2 420 W come risulta dalla curva della figura 8. La perdita totale nel ferro è quindi, effettivamente:

$$\sqrt{(2420)^2 + (3200)^2} = 4020 \text{ W.}$$

Perdita nel rame di armatura $= (13{,}2)^2 \times \times 0{,}025 = 4{,}4$ W che possono essere trascurati.

Perdite nel rame e per attrito = 1400 W.

Quindi:

Perdita nel rame e per attrito	=	1 400 W
Perdita nel ferro	=	4 020 W
Potenza prodotta	=	10 000 W
Potenza assorbita		15 420 W
Rendimento		$\frac{10\,000}{15\,420} = 64{,}8\ \%$

Il rendimeno di questo alternatore, quando funziona alla potenza di 10 kW su di una resistenza di carico di 57,4 ohm, determinato con le prove, risultò essere uguale al 65,3 %.

La potenza massima dell'alternatore quando funziona ad ogni particolare valore della resistenza di carico, può essere determinata con le prove.

Si può individuare, per mezzo di tentativi, un valore della corrente di carico che, moltiplicato per la somma della resistenza di carico e della resistenza effettiva eguagli la massima tensione generata dall'alternatore, come indicato dalla curva di saturazione a vuoto.

Questo valore della corrente al quadrato e moltiplicato per la resistenza di carico, fornisce il valore della massima potenza dell'alternatore, quando funziona su questa particolare resistenza di carico in condizioni di risonanza.

Si è visto dalla figura 5 che i valori ottenuti con questo metodo coincidono molto bene con quelli ottenuti sperimentalmente. Perciò questo è un buon controllo del metodo usato per tederminare l'effetto della perdita nel ferro del tipo *c*) sulla tensione ottenibile dall'alternatore.

* * *

I risultati delle prove fatte su questo alternatore a 10 kW sembrano indicare che questo tipo di alternatore a reazione bene si addice per generare correnti alternate di frequenza fino a 20 000 Hz. Le caratteristiche di esercizio di questo alternatore sono tali che esso sembrerebbe idoneo come fonte di energia per forni elettrici a induzione ad alta frequenza e per altre applicazioni che richiedono una quantità abbastanza elevata di energia ad alta frequenza.

E. SESTO

I cavi per energia

Criteri di scelta e di impiego

Volume di 140 pagine, con 72 illustrazioni, 25 tabelle. Prezzo **L. 1500**

ALCUNI DEGLI ARGOMENTI TRATTATI:

Definizione e classificazione dei cavi — I cavi isolati con carta impregnata — I cavi isolati con gomma — I cavi di energia isolati con materiale termoplastico a base di polivinilcloruro — I cavi di energia negli impianti elettrici interni ed esterni — Condizioni di posa e portata dei cavi elettrici — Criteri di scelta dei cavi per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica — Gli accessori dei cavi per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica.

EDITORIALE DELFINO - Via S. d'Orsenigo, 25 - 20135 MILANO

La misura della frequenza di rete

DARIO ARMANINI

Si illustrano brevemente gli strumenti più usuali impiegati nella misura della frequenza della rete di distribuzione dell'energia elettrica. Per completezza di trattazione si descrivono i noti apparecchi a risonanza meccanica, per poi passare ai tipi elettronici attraverso i quali si paragona una frequenza di valore sconosciuto con una di valore noto, ottenendo il risultato della misura in forma digitale.

1 - Frequenzimetri a risonanza meccanica

Lo strumento di gran lunga più impiegato è il frequenzimetro a risonanza meccanica, il quale è costituito da una serie di lamelle di lunghezza uguale le quali sporgono sulla finestrella frontale dello strumento con una placchetta bianca all'estremità (fig. 1). Su queste lamelle agisce un elettromagnete che viene derivato fra due fili della linea e che provoca delle vibrazioni meccaniche sulle lamelle di frequenza uguale a quella della linea.

E' noto che i corpi, specie se elastici come quelle laminette vibranti, hanno una frequenza propria di vibrazione (*risonanza*) che dipende dalle loro caratteristiche meccaniche ed alla quale essi oscillano in modo notevolmente più accentuato. Così se le laminette del frequenzimetro sono state tarate per frequenze variabili da 48 a 52 Hz e l'elettromagnete viene eccitato esattamente a 50 Hz, la laminetta centrale vibrerà in modo molto più vistoso delle altre, producendo una striscia bianca sulla finestrella così da permettere di individuare subito la frequenza (fig. 2).

Le laminette sono tutte costruttivamente uguali e per ottenere il diverso valore della frequenza di risonanza si applica un pesino posto a distanza diversa dal punto di fissaggio al supporto: tanto più il peso ne dista e tanto più lenta è la vibrazione di risonanza (per analogia si pensi ad un pendolo formato da un sasso legato ad una corda: se si allunga la corda il moto del pendolo diviene più lento).

In definitiva si può quindi dire che *tutte* le laminette dello strumento sono sottoposte alla vibrazione impressa dall'elettromagnete, ma solamente quella che risuona alla frequenza della rete ha delle oscillazioni così vistose da apparire attraverso la finestrella. Poiché normalmente fra due lamine contigue si prevede una differenza di 1/2 o 1/4 di periodo, se la frequenza effettiva è intermedia fra due di esse, queste vibreranno entrambe con la medesima ampiezza, mostrando così che ci si trova su un valore intermedio. Inoltre in ogni caso anche alcune lamine vicine di frequenza superiore ed inferiore potranno vibrare un poco, per cui l'aspetto sarà quello della figura 2.

Strumenti di questo genere hanno un consumo molto limitato, paragonabile a quello di un voltmetro elettromagnetico, presentano una notevole costanza di caratteristiche e grande robustezza. Inoltre sono insensibili alla forma d'onda (per cui misurano sempre la frequenza fondamentale senza sentire le armoniche) e possono funzionare per un vasto campo di tensione: eventualmente regolando il loro traferro si può aumentare la sensibilità se la corrente divenisse eccessivamente debole per scarsità di tensione.

2 - Frequenzimetri a risonanza elettrica

Oltre ai frequenzimetri a risonanza meccanica, che sono di uso molto comune, vengono impiegati altri strumenti puramente elettrici, il cui principio di funzionamento si richiama ai fasometri monofasi. La bobina fissa è però collegata *in derivazione* sul circuito ed è costituita da un avvolgimento fortemente induttivo in serie con un condensatore, i cui valori di capacità e induttanza sono calcolati in modo che sia $\omega L = 1/\omega C$ per la frequenza normale di rete, ossia tale che questo circuito sia in risonanza e venga quindi percorso da una corrente intensa.

I due avvolgimenti della bobina mobile, costituita come nel fasometro, sono posti in serie rispettivamente ad un induttore con nucleo di ferro e ad un condensatore (fig. 3).

Senza addentrarci nei particolari di funzionamento dell'apparecchio, possiamo dire che la deviazione dell'equipaggio mobile dipende dal prodotto fra la corrente della bobina fissa, che è costante, e la corrente in ciascuna di quelle mobili moltiplicata per il rispettivo angolo di sfasamen-

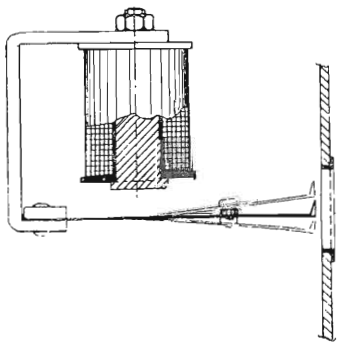


Fig. 1 - Frequenzimetro a risonanza meccanica (visto in sezione).

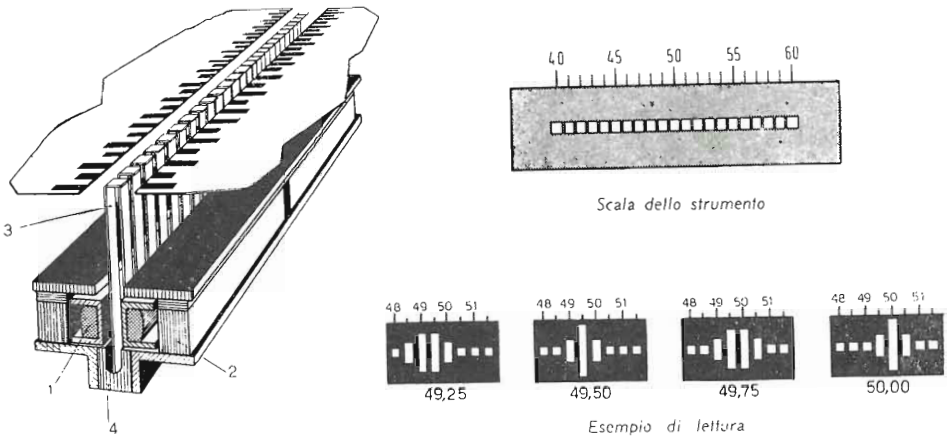


Fig. 2 - Aspetto costruttivo di un frequenzimetro a risonanza: 1) bobina (estesa per tutta la lunghezza della scala) - 2) nucleo in materiale ferromagnetico - 3) serie di lamelle vibranti le cui estremità sono fissate sul supporto 4.

to. Come si può vedere dal diagramma vettoriale, la corrente che percorre la bobina fissa è quasi in fase con la tensione, mentre quella sulla bobina mobile con carico induttivo è in ritardo e l'altra con carico capacitivo è in anticipo.

Se la frequenza varia, ad esempio diminuisce, la reattanza $X_L = \omega L$ diminuisce e la corrente aumenta, mentre la reattanza capacitiva $X_C = 1/\omega C$ aumenta e la corrente in questa bobina diminuisce. Inoltre lo sfasamento nel circuito induttivo diminuisce (perchè con uguale resistenza ohmica nel circuito si ha minor reattanza X_L) e aumenta quello nel circuito capacitivo. L'indice dello strumento si sposta per effetto della variazione di questi quattro fattori, *variazione dovuta unicamente al cambiamento della frequenza*, e può quindi segnalare il mutamento di frequenza.

L'effetto inverso avviene, naturalmente, se la frequenza aumenta.

Lo schema di un altro tipo di frequenzimetro indicatore ferrodinamico ad ampia scala è mostrato nella fig. 4.

Il valore medio della sua coppia è:

$$C_m = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} i_1 \, i_2 \, \frac{d\,M}{d\,\alpha} \, dt$$

Il termine $dM/d\alpha$ è tenuto con buona approssimazione costante; la corrente i_1 nella bobina fissa è funzione della frequenza, e induce nella bobina mobile una f.e.m. e_2, funzione della deviazione angolare α.

La corrente nella bobina mobile i_2 può essere separata in due componenti, una in fase con i_1 e l'altra sfasata rispetto a questa di 90° in ritardo: solo la componente in fase con i_1 produce coppia

L'equazione del circuito della bobina mobile può essere scritto così:

$$-e_2 + Z_2 \, i_2 + Z_1 \, i_2 - Z_1 \, i_1 = 0$$

Ponendo $i_1 = I_1$ sen ωt, $e_2 = -M \, di_1/dt$, la corrente i_2 sarà così espressa:

$$i_2 = \frac{I_1 \text{ sen } \omega \, t \, (Z_1 - j \, \omega \, M)}{Z_1 + Z_2}$$

Le impedenze di questa formula si possono scrivere per esteso:

$$\frac{Z_1 - j \, \omega \, M}{Z_1 + Z_2} = \frac{R_1 + j \left(-\omega \, M + \omega \, L_1 - \dfrac{1}{\omega \, c} \right)}{R_1 + R_2 + j \left(\omega \, L_1 + \omega \, L_2 - \dfrac{1}{\omega \, c} \right)}$$

Razionalizzando il denominatore di questo termine ed eguagliando a zero la parte reale si ottiene l'equazione della deviazione angolare dello strumento, ricordando altresì che $M = k \, \alpha$:

$$\alpha = \frac{1}{k} \, \frac{(R^2_1 + R_1 \, R_2) \, C}{(\omega^2 \, L_1 + \omega^2 \, L_2) \, C - 1} + \frac{\omega^2 \, L_1 \, C - 1}{\omega^2 \, C}$$

Come si può notare, la deviazione angolare è solo funzione della frequenza e non è influenzata

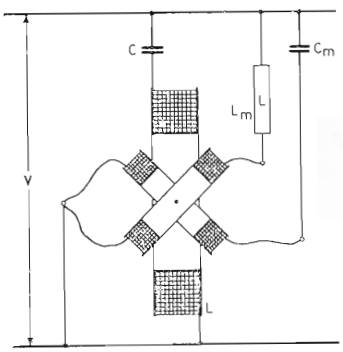
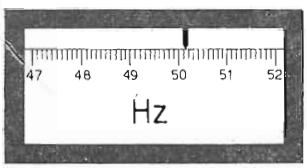
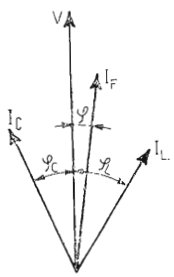


Fig. 3 - Frequenzimetro a risonanza elettrica: I_f corrente che circola nella bobina fissa attraverso il condensatore C; I_c, corrente di una bobina mobile e del condensatore C_m; I_l, corrente dell'altra bobina mobile e dell'induttanza L_m.





dalle variazioni della tensione di alimentazione.

L'imprecisione di questo tipo di frequenzimetro può risultare contenuta entro ± 0,15 Hz per una scala 45 ÷ 55 Hz.

3 - Frequenzimetri numerici (contatori elettronici)

Il contatore elettronico è uno strumento che paragona una frequenza di valore sconosciuto ad una di valore noto e fornisce il risultato della misura in forma digitale, mediante un numero formato da 4 ... 8 cifre a seconda del tipo di apparecchio (fig. 5).

Schematicamente il suo principio di funzionamento è il seguente (fig. 6): il segnale d'ingresso, di cui si desidera misurare la frequenza, viene applicato ad un circuito formatore che lo converte in impulsi di ampiezza ed area costante; attraverso un circuito di controllo questi impulsi sono inviati al circuito di conteggio, costituito da diverse decadi, in numero di 4 ... 8 come abbiamo detto. Il circuito di controllo è comandato dalla base-tempi del contatore, cioè dal suo oscillatore interno avente in genere una frequenza di 0,1 o 1 MHz:

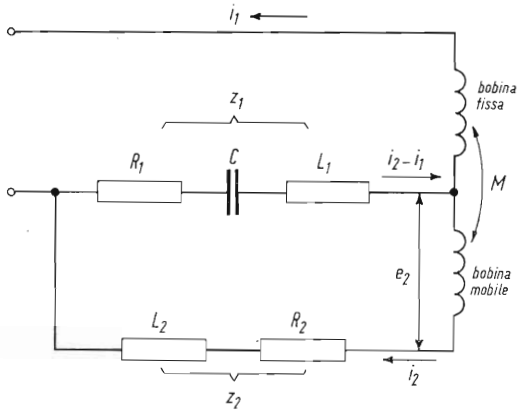


Fig. 4 - Schema di frequenzimetro ferrodinamico.

questo oscillatore, attraverso il predispositore, determina il tempo di funzionamento del circuito di controllo, il tempo cioè in cui gli impulsi uscenti dal formatore possono fluire al circuito di conteggio. E' facile intuire che il numero di impulsi contato in una certa unità di tempo fornisce direttamente il valore della frequenza del segnale d'ingresso, con un diverso numero di cifre significative a seconda della posizione del predispositore.

Facciamo un esempio osservando il frequenzimetro riportato in figura 5, avente una capacità massima di lettura di 5 cifre per misure sino a 2 MHz, scala tarata in kHz, oscillatore della base-tempi con frequenza 0,1 MHz. Supponiamo il predispositore sulla posizione 0,1 s; ciò significa che all'inizio del primo impulso inviato dalla base-tempi al circuito di controllo questi lascia iniziare il passaggio degli impulsi relativi al segnale d'ingresso verso le decadi di conteggio: all'inizio dell'impulso

Fig. 5 - Frequenzimetro numerico con lettura a 5 cifre, per frequenze sino a 2 MHz (Hewlett Packard).

10001 della base-tempi, essendo appunto trascorsi 0,1 s, il circuito di controllo blocca il conteggio. Se il segnale d'ingresso ha una frequenza ad esempio di 1234 Hz, in 0,1 s passano 123, 4 impulsi, e sulla scala del frequenzimetro noi vedremo apparire la lettura 001,23 kHz in quanto le frazioni di impulso non possono essere conteggiate. Per vedere anche i 4 Hz dobbiamo portare il predispositore sul tempo 1 s, e sulla scala ci apparirà la lettura 01,234 kHz; se lo portassimo su 10 s avremmo la lettura 12340 kHz, la massima consentita da questo frequenziometro.

Se dovessimo misurare la frequenza di rete, 50 Hz, la lettura maggiore che potremmo ottenere, con un tempo di misura di 10 s, sarebbe 0,0500 kHz, con risoluzione di lettura di 0,1 Hz.

Se tale valore non ci bastasse, il contatore elettronico ci offre un diverso sistema di misura, quello della grandezza reciproca della frequenza, cioè il tempo. In questo caso il suo circuito assume la configurazione di fig. 7; il segnale d'uscita della base-tempi interna è inviato alle decadi di conteggio attraverso il circuito di controllo, il quale viene ora comandato, mediante il predispositore, dal segnale d'ingresso. Il circuito formatore seleziona il passaggio per lo zero di due o più impulsi successivi del segnale d'ingresso come punto di apertura e chiusura del circuito di controllo: nell'intervallo di tempo tra questi due comandi le decadi di conteggio misurano il numero di impulsi provenienti dalla base-tempi; poiché la frequenza di questi è un valore fisso, il numero di impulsi misurato è direttamente proporzionale al tempo intercorrente tra gli impulsi di comando del circuito di controllo.

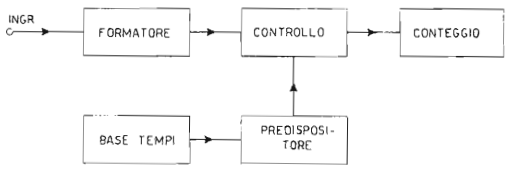


Fig. 6 - Schema a blocchi di contatore elettronico durante le misure di frequenza.

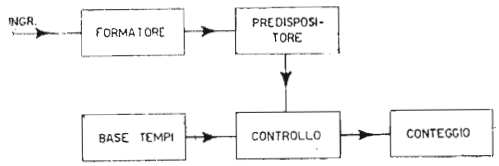


Fig. 7 - Schema a blocchi di contatore elettronico durante le misure di tempo.

In questo sistema il predispositore fissa il numero di periodi durante i quali il circuito di controllo lascia funzionare le decadi di conteggio, fissando così ancora le cifre significative del risultato che ci appare nella finestra di lettura.

Il valore della frequenza del segnale in misura dovrà essere ottenuto con un piccolo calcolo, applicando la formula:

$$f = \frac{p}{T}$$

dove T è la lettura in unità di tempo e p il numero di periodi fissato sul predispositore.

Facciamo ancora un esempio, riferendoci sempre al nostro frequenzimetro di figura, il quale ha la possibilità di fissare i seguenti numeri di p : 1 - 10 - 10^2 - 10^3 - 10^4 - 10^5. Supponiamo di dover misurare un valore di frequenza di rete di 49,980 Hz, a cui corrisponde un periodo $T = 1/f = 20{,}0080$ *ms*. Fissiamo sul predispositore un numero $p = 1$: in questo caso il circuito di controllo rimarrà aperto per un tempo di 20,0080 *ms* durante il quale l'oscillatore della base-tempi, che produce 100 000 impulsi al secondo, potrà inviare alle decadi di conteggio 2000,8 impulsi; poiché, come abbiamo detto, le frazioni d'impulso non possono essere conteggiate, sul contatore ci apparirà la lettura 020,00 *ms*. Se poniamo $p = 10$, il tempo di apertura risulterà 200,080 *ms* e noi avremo una lettura di 200,08 *ms* con una risoluzione di 1 parte su 20 000 ossia reciprocamente di 2,5 mHz.

Osserviamo perciò che con questo secondo sistema di misura il contatore ci offre la lettura del valore di frequenza di rete con una risoluzione maggiore (2,5 mHz anziché 100 mHz) ed in un tempo più breve (200 *ms* nvece di 10 *s*), lasciandoci però il fastidio di eseguire il calcolo:

$$f = \frac{p}{T} = \frac{10}{200{,}08} = 49{,}980 \text{ Hz}.$$

Possiamo infine riassumere dicendo che, se possiamo prolungare una misura almeno per 10 *s* e non ci interessa una risoluzione migliore di 100 mHz, impiegheremo 1 contatore elettronico come misuratore di *frequenza* anche per valori di questa piuttosto bassi, altrimenti lo impiegheremo come misuratore di *tempo*, ottenendo poi il valore della frequenza mediante calcolo. (1)

Imprecisione dei contatori elettronici

L'imprecisione di un contatore elettronico dipende soprattutto dalla stabilità nel tempo della frequenza dell'oscillatore che costituisce la base-tempi, oscillatore che nella massima parte dei casi è pilotato da un quarzo, posto in un piccolo ambiente termostatizzato.

La stabilità o per meglio dire l'instabilità di tale frequenza viene solitamente indicata in parti per milione di variazione giornaliera o settimanale intorno al valore nominale, per funzionamento continuo del contatore. Oltre a queste variazioni ne possono esistere altre a termine più lungo che però non è possibile predire in anticipo, ma devono essere rilevate controllando il frequenzimetro con un campione di tempo; tali variazioni sono però comunque sempre dell'ordine di parti o frazioni di parti per milione.

Il frequenzimetro mostrato in figura ha per esempio un'imprecisione della base-tempi di ± 2 ppm/ /settimana e un coefficiente di variazione in funzione della temperatura di circa 1 ppm/°C da 15 a 35 °C.

Frequenzimetri di classe migliore, con lettura su 8 cifre, e sino a frequenze di 50 ÷ 120 MHz, hanno un'imprecisione di alcune parti per 10^{-3} o 10^{-4} ppm/giorno e coefficiente di temperatura di $10^{-4} \div 10^{-5}$ ppm/°C.

Concludendo, l'imprecisione di un contatore elettronico, nella misura di frequenza è:

$$\varepsilon_f = \pm 1\,c \pm \varepsilon_{bt}.$$

mentre nella misura di tempo è:

$$\varepsilon_t = \pm 1\,c \pm \varepsilon_{bt} \pm \frac{\varepsilon_c}{p}$$

dove: $1\,c$ = 1 cifra del risultato (la prima a destra);

ε_{bt} = imprecisione della base-tempi;

ε_c = errore di comando del circuito di controllo, dell'ordine dello 0,3 %;

p = numero di periodi integrati, fissati sul predispositore.

Qualche tipo recente di contatore elettronico utilizza per le misure di bassa frequenza un circuito moltiplicatore che esegue il prodotto della frequenza in misura per 10, 100 o 1 000 e fornisce perciò il risultato con un numero di cifre adeguato senza ricorrere alla misura della durata del periodo.

Un importante nodo ferroviario

GLI IMPIANTI CENTRALI OPERATIVI DI BOLOGNA

Oltre 700 treni al giorno confluiscono al nodo ferroviario di Bologna. Per razionalizzare il traffico sono state realizzate numerose opere atte a consentire un controllo centralizzato dell'intero movimento. Un sistema di telecomando e di telecontrollo consente la trasmissione contemporanea per ogni centrale di un ciclo di comando e di controllo. Le operazioni relative alla sicurezza sono automatizzate dagli apparati centrali dei singoli bivi e dal blocco automatico; il posto centrale ha pertanto il solo compito di determinare e trasmettere ai posti periferici i comandi necessari. Sempre a Bologna è collocato il centro operativo per la regolazione ed il controllo del traffico nella grande galleria dell'Appennino. Le informazioni relative allo stato di libero o di occupato delle sezioni di blocco sono inviate alle stazioni contigue la galleria tramite un sistema ausiliario di relazione. Le condizioni di sicurezza per la circolazione sono garantite da impianti di binario (A.C.E.I. e blocco automatico).

Un complesso impianto di telecomando e telecontrollo è in funzione presso l'importante nodo ferroviario di Bologna. Tale nodo è costituito da sei linee confluenti nella stazione viaggiatori di Bologna Centrale (le linee di Milano, Verona, Venezia, Pistoia, Firenze D.D. e Ancona), da un'estesa linea di raccordo, detta linea di Cintura, la quale collega cinque di queste linee con la stazione di Smistamento di Bologna S. Donato, e dagli allacciamenti a tale sistema delle stazioni di Ravone (derrate) e di Arcoveggio (servizio locale e mercato ortofrutticolo).

La rete formata da dette linee comprende numerosi bivi, i cui scambi e segnali sono centralizzati in 11 cabine.

L'insieme del nodo ferroviario è delimitato dalle 4 stazioni, ove hanno origine o termine i movimenti di treno nella zona: Bologna Centrale; Bologna S. Donato; Bologna Ravone; Bologna Arcoveggio. Vi sono, inoltre, altre sei stazioni, dette stazioni porta, ove le linee principali si connettono con la zona in esame: Borgo Panigale; Lavino; Tavernelle Emilia; Bologna Corticella; Mirandola Ozzano; Bologna S. Ruffillo (fig. 1).

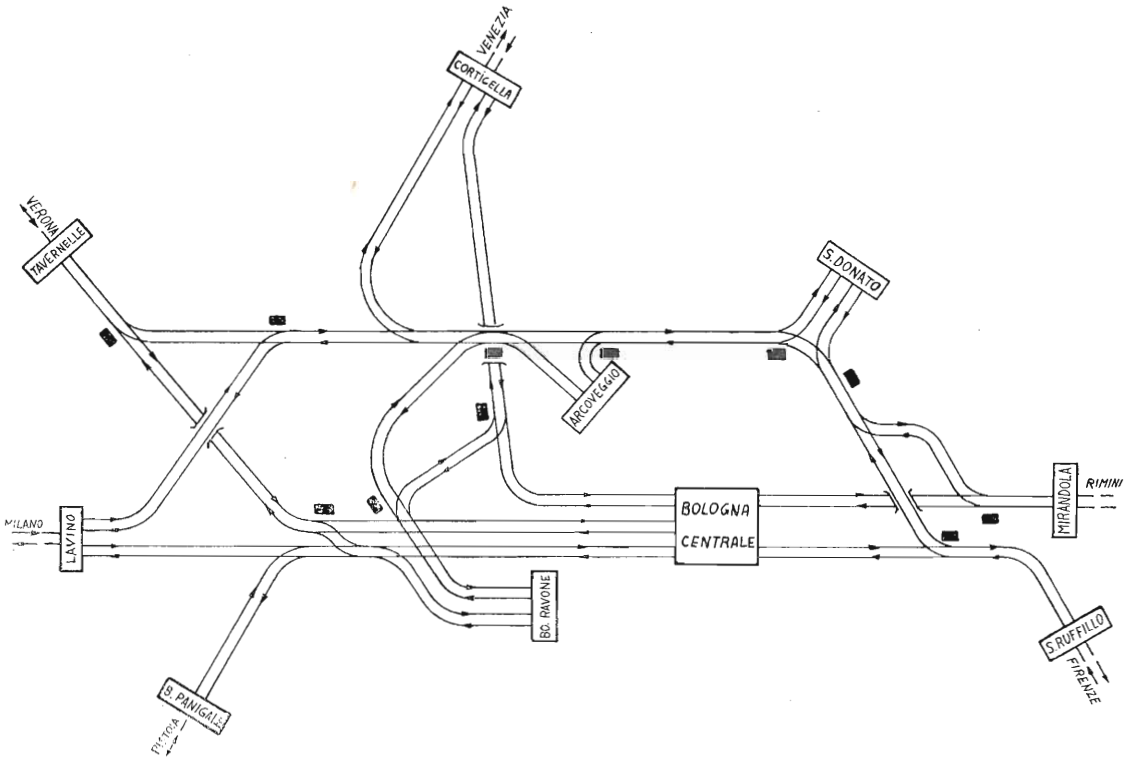


Fig. 1 - Schema del nodo ferroviario di Bologna.

La regolamentazione del traffico su questa complessa rete, ove circolano in media 700 treni al giorno, presenta evidenti difficoltà.

Le esigenze da soddisfare per conseguirvi un esercizio razionale sono le seguenti:

1) tempestivo annuncio nei bivi dei treni che si stanno avvicinando, con indicazione della località ove sono diretti: ciò al fine di evitare, sia ritardate aperture di segnali, sia prematuri o errati impegni delle zone degli scambi.

2) sollecita formazione, e quindi sollecita distruzione, degli itinerari nei singoli bivi, specie nei più complessi;

3) opportuna successione in ogni bivio dei movimenti incompatibili;

4) rapidità e sicurezza nelle operazioni per il distanziamento dei treni.

Tenuto conto però del grande sviluppo assunto dagli impianti di telecomando (C.T.C.), specialmente in America, e dalla recente esperienza delle FF.SS. nel campo degli apparati centrali costituiti da soli relè, è stata studiata un'istallazione moderna ed efficiente che si prestasse ad essere comandata da un unico posto centrale, senza esigere la presenza di agenti nelle 11 cabine dei bivi.

L'impianto del Dirigente Centrale Operativo (D.C.O.), realizzato dalle Ferrovie dello Stato per la circolazione sul nodo di Bologna, risulta costituito dalle seguenti parti principali:

— un posto centrale;
— 21 posti periferici (11 cabine dei bivi, 4 posti di stazione terminale, 6 posti di stazione porta);
— un sistema di telecomando e di telecontrollo (più avanti indicato con la sigla CTC) avente lo scopo di collegare il posto centrale con i posti periferici;
— il blocco automatico esteso a tutte le linee del nodo ferroviario.

Posto centrale

Il posto centrale, ove ha sede il Dirigente Centrale, è ubicato nel fabbricato viaggiatori di Bologna C.le.

Nella sala di comando di questo posto sono contenuti il banco di comando e il quadro luminoso.

Il banco comprende nella sua parte di centro il pannello per il « comando automatico », ossia il pannello su cui si allineano i pulsanti da azionarsi per avviare il funzionamento automatico dell'impianto. Sui lati di detto pannello sono disposti i pannelli per il « comando individuale » dei bivi, ossia pannelli che raccolgono le levette e i pulsanti mediante i quali risulta possibile modificare, secondo le esigenze della circolazione, il procedere degli automatismi ed eseguire determinate operazioni riguardanti individualmente ciascun bivio.

Il quadro luminoso è normalmente spento. Esso fornisce il controllo degli apparecchi di campagna, l'indicazione degli itinerari stabiliti, e segnala, per mezzo di apposite lettere luminose, l'origine e la destinazione dei treni che impegnano le varie sezioni di blocco (ad esempio, un treno proveniente da Lavinio e diretto a S. Donato, viene contraddistinto dalle lettere LD, iniziali rispettivamente dei nomi delle due stazioni).

La sala relè del posto centrale si trova in un locale al disotto della sala di comando.

Posti di bivio

Le cabine dei bivi sono dotate di apparecchi centrali costituiti da soli relè.

In condizioni normali questi apparati sono telecomandati dal posto centrale. In caso di necessità, possono essere manovrati localmente, mediante un piccolo banco a pulsanti di itinerario, completato da un piccolo quadro luminoso, i quali esistono in ogni cabina.

Per istituire il servizio locale occorre che il Dirigente Centrale conceda per telecomando un apposito consenso elettrico (abilitazione). Tuttavia, in caso in interruzione del CTC, questo servizio si può stabilire dopo aver agito su di un tasto normalmente piombato.

Se, durante il funzionamento per telecomando, una qualche anormalità dovesse impedire la manovra centralizzata di un deviatoio, questo potrà essere manovrato a mano dal personale del treno arrestatosi al segnale.

Sistema di telecomando e telecontrollo

Il sistema adottato è quello di tipo F, classe M, della General Railway Signal Company, U.S.A.

L'impianto è provveduto di due centrali del tutto indipendenti, ciascuna relativa a un gruppo di posti periferici.

Le linee di comando e di controllo, fra loro distinte, sono convogliate nei cavi telefonici.

Il sistema consente la trasmissione contemporanea per ogni centrale di un ciclo di comando e di uno di controllo. Durante un ciclo di controllo si possono ricevere simultaneamente i controlli da due posti situati sui due rami distinti in cui è suddivisa una linea di controllo.

Blocco automatico

Il blocco automatico esteso a tutte le linee del nodo ha uno sviluppo di circa 80 km.

Esso è del tipo a correnti codificate, analogo a quello in funzione sulla direttissima Bologna-Firenze.

I codici impiegati sono tre sulle linee dirette a Bologna C.le, e uno soltanto sulle linee della Cintura, ove i segnali di avviso sono tutti manovrati mediante appositi conduttori, e ove non è prevista la ripetizione in macchina dei segnali.

Funzionamento dell'impianto

Poichè tutte le operazioni relative alla sicurezza sono realizzate automaticamente dagli apparati

centrali dei singoli bivi e dal blocco automatico, il posto centrale ha il solo compito di determinare e quindi di trasmettere ai posti periferici i comandi necessari.

Mentre le cabine dei bivi sono disabitate, cioè non presenziate, il posto centrale può esplicare le sue funzioni di comando principalmente secondo due modalità, di cui l'una corrisponde a un intervento massimo degli automatismi realizzati dall'impianto (comando automatico), e l'altra, invece, a un intervento più o meno spinto, conformemente alle necessità della circolazione, da parte del Dirigente mediante operazioni che riguardano i segnali e gli itinerari dei singoli bivi (regolazione a comando individuale).

Sul pannello per il comando automatico del banco sono allineati 63 pulsanti che corrispondono agli itinerari totali della zona telecomandata, ossia a tutti i percorsi possibili fra le stazioni porta e le stazioni di Bologna, e viceversa.

Quando la stazione d'origine di un movimento deve inviare un treno in detta zona, essa ne dà l'annuncio per telecomando al Dirigente Centrale. Quest'annuncio si manifesta, sia sul quadro luminoso, ove appaiono in prossimità dello schema della stazione le due lettere caratterizzanti l'origine e la destinazione del treno, sia mediante l'accensione di una luce bianca lampeggiante sulla testa del pulsante relativo all'itinerario totale desiderato. Il Dirigente, qualora stimi possibile accertare il treno, preme questo pulsante, concedendo così, per telecomando, un consenso imperativo alla stazione richiedente, e avviando, d'altra parte, il funzionamento automatico delle apparecchiature del posto centrale per l'inoltro del treno a destinazione. Per i treni viaggiatori diretti a Bologna C.le o provenienti da questa stazione, il Dirigente può anche, se lo crede, evitare quest'unica operazione a cui è tenuto comunque per i treni merci, premendo una volta per tutte i pulsanti relativi e mantenendoli quindi premuti mediante un adatto dispositivo.

Dato che gli itinerari totali hanno delle lunghezze considerevoli fino a 14 ÷ 15 km per i treni merci e fino a 9 ÷ 11 km per i treni viaggiatori, e poichè ognuno interessa più itinerari parziali (talvolta anche 5 o 6), ciascuno corrispondente al percorso nella zona degli scambi dei singoli bivi, sarebbe evidentemente oneroso per la circolazione, e contrario alle esigenze esposte nelle premesse, determinare l'immediata attuazione dell'itinerario totale fra la stazione di origine del movimento e quella terminale. Il posto centrale è stato perciò costruito in modo che il comando dell'itinerario totale si registra subito, con le operazioni ora descritte, ma si attua gradualmente col procedere del treno.

Precisamente, nel caso più comune, le cose si svolgono secondo lo schema qui appresso accennato.

Quando la stazione di origine, dopo aver ricevuto il consenso elettrico del Dirigente, mette a via libera il proprio segnale di partenza, l'annuncio del treno passa (nelle apparecchiature del posto cenrale) al primo bivio a valle, e determina quindi la trasmissione all'apparato di questo bivio del comando per l'itinerario che rappresenta la prima frazione dell'itinerario totale già registrato. Gli scambi del bivio stesso si manovrano così nel modo voluto, e il corrispondente segnale si dispone a via libera.

Successivamente, allorchè il treno in partenza impegna la prima sezione di blocco, l'annuncio passa al secondo bivio a valle, e determina come sopra la trasmissione del comando d'itinerario, e quindi la manovra degli scambi e del segnale, per il bivio medesimo.

L'annuncio continua poi ad avanzare alla distanza normale di due sezioni di blocco a valle del treno (quando il treno impegna il primo bivio, si apre il segnale del terzo bivio, ecc.); ma, naturalmente, se due treni si seguono a distanza di blocco, l'annuncio avanza soltanto di sezione in sezione.

Con l'avanzare del treno avanza pure sul quadro luminoso la coppia di lettere che caratterizza il treno stesso, sicchè il Dirigente risulta sempre informato sull'origine e la destinazione dei treni che impegnano le varie sezioni di blocco della rete.

L'annuncio perviene infine alla stazione presenziata che deve ricevere il treno.

In definitiva, durante il regime di comando automatico, è il treno stesso che sceglie il proprio itinerario fra gli scambi dei bivi e apre i segnali a cui si avvicina, fino a condursi automaticamente a destinazione.

Regolazione e comando individuale

Come si è accennato, il Dirigente può sospendere quando vuole l'indicata progressione automatica dei comandi, agendo su un'apposita levetta del pannello per il comando individuale del bivio in corrispondenza del quale egli intende arrestare il funzionamento automatico.

In questo modo egli può effettuare, prontamente e sulla base di informazioni tempestive desunte dal quadro luminoso, la precedenza di un treno rispetto a un altro in una località ove i due movimenti risultino incompatibili, venendo così a esplicare la propria funzione di agente regolatore della circolazione, cioè di Dirigente centrale operativo.

Il funzionamento automatico sospeso non viene però distrutto, ma può essere nuovamente ripreso rimettendo la citata levetta nella sua posizione iniziale.

In caso di necessità, il Dirigente, mediante gli organi dei pannelli per il comando individuale, può condurre i treni di bivio in bivio, mantenendo la registrazione dell'itinerario totale e le indicazioni delle coppie di lettere sul quadro luminoso (comando manuale registrato), e anche eseguire qualsiasi movimento indipendentemente da una

preliminare registrazione dell'itinerario totale (comando manuale di emergenza).

Allorchè la circolazione viene regolata mediante il comando manuale di emergenza e il comando manuale registrato di cui si è ora fatto cenno, l'impianto funziona in modo analogo a un normale impianto di CTC, rispettivamente senza e con indicazione sul quadro luminoso della individualità dei treni.

In regime di comando automatico, l'impianto manifesta invece le caratteristiche che lo differenziano da altri sistemi finora realizzati altrove, caratterstiche le quali, come si è detto, derivano dal proposito di rispondere razionalmente alle esigenze di un notevole traffico su una rete complessa, e insieme dall'intento di conseguire un esercizio economicamente migliore.

Passiamo ora ad esaminare le opere realizzate per regolare il traffico, sempre da Bologna, nella grande galleria dell'Appennino.

TELECOMANDO DELLA GRANDE GALLERIA DELL'APPENNINO

La linea direttissima Bologna-Prato, inserita nella dorsale della rete ferroviaria nazionale Milano-Napoli, collega il sistema ferroviario del Settentrione, che ha il suo fulcro a Bologna, con l'Italia Centro-Meridionale verso Firenze e Roma. Essa è impegnata da un elevato volume di traffico con caratteristiche esclusive di transito.

La linea, che è in esercizio da poco più di 30 anni, pur attraversando una regione orograficamente assai difficile, ha caratteristiche di tracciato, per curve e pendenze, di elevata velocità.

La ferrovia sottopassa con numerose gallerie la catena dell'Appennino, tra le quali la più lunga è la « Galleria dell'Appennino » di circa 18,5 km iserita tra le stazioni di S. Benedetto V.S. e Vernio. Questo tratto di linea è così praticamente tutto in galleria (fig 2).

Al tempo della costruzione della linea, nella galleria, fu ricavata una stazione vera e propria denominata « Precedenze » con due binari di precedenza della lunghezza di circa 450 m. La stazione è collegata direttamente con l'esterno per mezzo di due piani inclinati. Da diversi anni, per le mutate caratterstiche della circolazione, in particolare per l'elevamento della velocità dei treni merci, è venuta praticamente meno la necessità di effettuare precedenze in galleria.

Tanto più che per la maggior lunghezza dei treni era ormai insufficiente la capacità dei binari di precedenza. Per cui, la stazione ha perduto integralmente la sua funzione.

D'altra parte i programmi di lavoro per la manutenzione del corpo della galleria — assai impegnativi per la natura geologica dei terreni attraversati — dell'armamento e della linea di contatto rendono necessario, anche di frequente e per periodi di notevole durata, di ridurre la circolazione a binario unico.

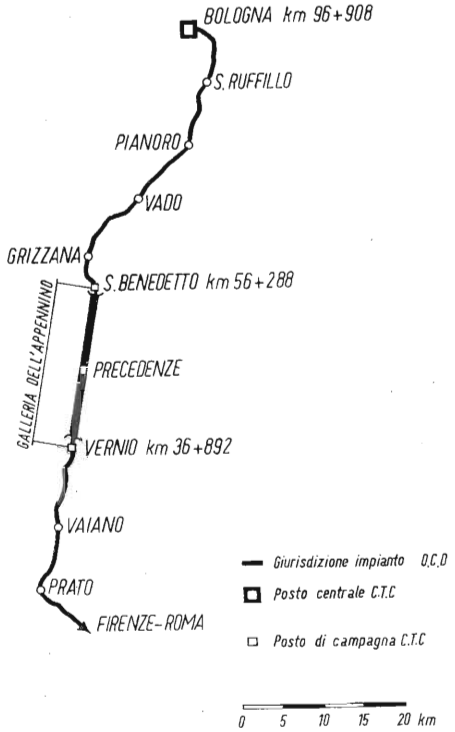


Fig. 2 - Planimetria della linea direttissima Bologna-Prato.

Pertanto, tenuto anche conto delle condizioni ambientali particolarmente disagiate in cui opera il personale preposto all'impianto, le F.S. hanno deciso di attuare per il tratto di linea S. Benedetto V.S.-Vernio un proprio sistema di Dirigenza Centrale Operativa (D.C.O.), in modo da assicurare tempestività di intervento per la scelta del regime di banalizzazione più conveniente, in relazione alle condizioni di circolazione in atto, con intervento diretto per il telecomando del P.M. di Precedenze e per l'esercizio in regime di teleconsenso delle due stazioni di S. Benedetto V.S. e di Vernio.

Organizzazione generale degli impianti

Il posto centrale D.C.O. a Bologna C.le è collegato, come detto, con le stazioni periferiche di S. Benedetto V.S. e Vernio per mezzo di un sistema utilizzante una coppia di conduttori del cavo telefonico.

Le informazioni relative allo stato di libero od occupato delle sezioni di blocco sono inviate alle stazioni contigue per il tramite di un sistema ausiliario di relazione. Queste informazioni sono quindi trasmesse al posto centrale (P.M.).

Le stazioni, il P.M. ed i posti di blocco intermedi sono a loro volta collegati direttamente per mezzo di altre coppie di conduttori, sempre del cavo telefonico, per attuare in piena sicurezza le operazioni per l'inversione del senso del blocco automatico.

Tutte le condizioni di sicurezza per la circolazione sono realizzate negli impianti di linea (A.C.E.I. e blocco automatico).

Il Dirigente Centrale operativo (D.C.O.) che è lo stesso Dirigente Centrale coordinatore dell'intera linea Bologna-Prato, regola il traffico sul tratto di giurisdizione per mezzo di un pannello di comando e di un quadro luminoso, entrambi sistemati sul suo tavolo di lavoro.

Sul pannello di comando sono gli organi di manipolazione (pulsanti e maniglie) per:

— impartire i comandi per la costituzione degli itinerari nel P.M. di Precedenze;
— inviare i consensi imperativi per la formazione degli itinerari nelle stazioni di S. Benedetto V.S. e Vernio;
— disporre l'esercizio a binario unico o la circolazione parallela sui due tratti S. Benedtto V.S. — Precedenze e Precedenze — Vernio.

Sul quadro luminoso che riproduce schematicamente la linea, sono riportate con indicazioni luminose e con opportuna simbologia le fasi operative per la formazione degli itinerari, per l'inversione del senso di marcia del blocco automatico, nonchè il controllo della situazione in atto, ivi compreso quello dei segnali e deviatoi di Precedenze.

Apparati centrali delle stazioni

Sono, come si è detto, del tipo più moderno, e cioè del tipo F.S. con comando ad itinerari a pulsanti (A.C.E.I.) e presentano le consuete caratteristiche per la costituzione degli itinerari, la distruzione automatica dei comandi e la liberazione elastica. Gli apparati sono anche opportunamente adattati per l'esercizio in telecomando e in teleconsenso.

L'apparato del P.M. di Precedenze è normalmente incluso nel sistema D.C.O. ed è telecomandato. Per altro è possibile l'esercizio con presenziamento sia in regime di consenso del D.C.O. sia, in caso di anormalità del sistema di relazione, con esclusione dal sistema D.C.O.

In tale situazione è solo possibile l'esercizio con circolazione normale.

Anche gli apparati delle due stazioni di S Benedetto V.S. e Vernio possono essere esclusi dal sistema D.C.O. E' da notare che la normale inserzione delle stazioni nel sistema rende possibile l'esercizio con impiego di minor numero di agenti di movimento e di meno elevata qualificazione.

Banalizzazione della circolazione

I seguenti regimi di circolazione sono prevsti per ogni singolo tratto tra una stazione ed il P.M. di Precedenze:

a) circolazione a doppio binario
— « normale »;
— « parallela », e cioè con lo stesso senso per entrambi i binari;

b) circolazione a binario unico.

Per l'esercizio con circolazione banalizzata (parallela o a binario unico) occorre invertire il senso del blocco automatico.

Blocco automatico

Per il blocco automatico è stato mantenuto per il momento l'impianto attuale in esercizio del tipo con circuiti di binario alimentati a correnti codificate e con segnali di blocco a due aspetti.

Tale impianto verrà quanto prima adeguato per essere idoneo per la ripetizione continua dei segnali in locomotiva secondo i criteri tecnici e di servizio definiti per il nuovo sistema di sicurezza di bordo, già in corso di realizzazione su di un primo gruppo di linee della Rete fondamentale: Chiasso-Milano-Bologna, Milano-Genova e Roma-Napoli.

Il dispositivo di inversione del senso del blocco realizza per entrambi i sensi di marcia l'orientamento dell'estremo di alimentazione dei circuiti di binario « contro treno », appunto per consentire la ripetizione dei segnali nei diversi casi di circolazione banalizzata.

Il telecomando

Il telecomando risponde ai principi dei sistemi di comando centralizzato del traffico (C.T.C.). Il sistema scelto è secondo il tipo « L » di costruzione della General Railway Signal Company - Rochester - U.S.A. - (G.R.S.).

Il sistema realizza il collegamento tra il posto centrale ed i posti campagna (stazioni) per mezzo di sequenze di impulsi codificati applicati sulla linea costituita da una semplice coppia di conduttori del cavo telefonico. Il suo funzionamento è in « duplex », in quanto permette la contemporanea trasmissione di comandi e di controlli, grazie alla separazione delle apparecchiature per i comandi ed i controlli in due complessi totalmente distinti e che operano indipendentemente tra loro.

La velocità di trasmissione degli impulsi è assai elevata, ciò che consente, sia brevissimi tempi per l'invio di un ciclo di comando sia il funzionamento continuo del sistema per i controlli (interrogazione o esplorazione ciclica). Questa seconda caratteristica rende possibile il rinnovo continuo nel posto centrale della situazione di tutti i controlli periferici, ciò che costituisce una prestazione veramente utile per l'esercizio e che accresce il grado di efficienza del sistema.

Per il funzionamento vengono impiegate tre frequenze portanti, rispettivamente per la trasmissione dei comandi, dei controlli e per il sincronismo tra gli oscillatori del posto centrale ed i corrispondenti dei posti satelliti, necssario, per l'esplorazione ciclica dei controlli.

Considerazioni ed economie di esercizio

L'impianto rappresenta un' importante realizzazione tecnica, sia sotto l'aspetto del telecomando, in quanto viene per la prima volta adottato sulla Rete F.S. un sistema completamente transistorizzato, sia per il fatto che pure per la prma volta viene attuata la banalizzazione dei binari di linea. E' indubbia l'importanza di tale provvedimento per l'esercizio nel caso specifico della Galleria dell'Appennino, dove riesce molto onerosa la manutenzione del corpo della Galleria e delle altre attrezzature di linea.

Ma anche più in generale si mette in evidenza l'utilità di tali tipi di impianti, che rendono possibile di contemperare le esigenze della circolazione con quelle sempre più pressanti della manutenzione della linea sia per l'aumento della velocità dei convogli che per la necessità di razionalizzare e meccanizzare al massimo le operazioni di manutenzione, onde trarne il massimo rendimento. Aggiungasi che con la banalizzazione è anche possibile fronteggiare con maggiore elasticità situazioni di esercizio perturbate, riducendone quindi i riflessi negativi per la circolazione.

Si mette infine in risalto che il sistema di dirigenza centrale operativa viene per la prima volta applicato ad un tratto di linea a doppio binario e che l'impianto dovrebbe rappresentare per la direttissima Bologna-Prato il primo passo di un sistema completo per tutta la linea. Anche per tale motivo, per la sede del D.C.O. è stata scelta Bologna C.le.

Il nuovo impianto è costato 500 milioni di cui 445 milioni per le opere di pertinenza del Servizio impianti elettrici e 55 milioni per quelle del Servizio Lavori.

Le economie realizzate sono di 22 milioni annue.

Infine, per rendere sicuro il traffico in galleria è necessario assicurarsi che i treni in transito siano in perfetta efficienza. A tal fine, è stato predisposto a parecchi chilometri di distanza dagli imbocchi delle gallerie uno speciale impianto di rilevazione delle temperature dei carrelli. Mentre il treno è in corsa ogni boccolo viene analizzato da una apparecchiatura a raggi infrarossi sistemato a terra; i segnali vengono trasmessi ad un posto centrale ed il Dirigente lascia proseguire il convoglio solamente se non sono state riscontrate anomalie.

NUOVA SOCIETA' NEL CAMPO DELL'ENERGIA ELETTRICA E NUCLEARE

E' stata recentemente costituita a Milano la KWU Italiana S.p.A., la cui attività comprende la progettazione e la vendita di centrali termoelettriche e nucleari complete, come pure di apparecchiature e di impianti parziali ad esse relativi, destinate ad Enti e Società di produzione dell'energia elettrica.

Alla formazione del capitale di questa nuova Società hanno partecipato in parti eguali la Siemens Elettra S.p.A. di Mlano, la AEG S.I.p.A. di Milano e la Kraftwerk Union AG (KWU) di Mülheim (Germania occidentale).

La KWU Italiana S.p.A. rappresenta nel nostro Paese la Kraftwerk Union AG, sorta nel 1969 con la partecipazione paritetica della AEG-Telefunken e della Siemens AG, che vi hanno concentrato le rispettive esperienze ed attività nel campo delle centrali termiche e di quelle nucleari.

Oltre 10 centrali nucleari complete, in parte in esercizio ed in parte in costruzione, con una potenza complessiva di 5 500 MWe, testimoniano la capacità della KWU nel campo nucleare e la pongono tra le aziende alla avanguardia in questo settore. Tra queste centrali va citata quella di Biblis (sul Reno) che, con 1 200 MWe su un'unico blocco, è attualmente la più potente centrale nucleare europea in costruzione.

La KWU è anche l'unica Società nucleare del mondo in grado di offrire sia reattori ad acqua in pressione, sia reattori ad acqua bollente, compreso il ciclo combustibile.

La costituzione della KWU Italiana ha inoltre lo scopo di promuovere più strette vie di collaborazione tra le industrie nucleari europee, in vista delle sempre maggori esigenze del mercato mondiale.

CONSULENZA TECNICA

Messa a terra degli elettrodomestici

Per la protezione contro i pericoli dell'elettricità tutti gli elettrodomestici dovrebbero essere messi a terra, almeno secondo quanto prescrivono le norme CEI e le disposizioni contenute nel D.P.R. 547. Perchè queste prescrizioni non sono osservate dai costruttori dei suddetti apparecchi? Non è infrequente vedere elettrodomestici la cui spina è munita solamente dei due spinotti di alimentazione e manca completamente il contatto di terra.

B.P. - Macerata

La seconda parte della sua domanda è un po' troppo categorica. Occorre distinguere in primo luogo il tipo di elettrodomestico.

Se ella si riferisce ad apparecchi fissi, quali possono essere le lavatrici, i frigoriferi, le lavastoviglie, è senz'altro necessario il morsetto di terra e la spina è sempre del tipo a tre contatti, unificata dall'UNEL. Ciò vale particolarmente per gli apparecchi sottoposti al regime del Marchio di Qualità. Se poi ci sono apparecchi che non corrispondono alle norme (il che ci sembra assai improbabile, soprattutto nel campo degli apparecchi dianzi citati) si può affermare che è un abuso, in particolare alla luce della legge 186. Ma più che abuso da parte dei costruttori, non può darsi invece che sia l'elettricista a cambiare la spina originale per sostituirla con una adatta alla presa esistente, non preoccupandosi se l'impianto di terra esista o meno?

Per gli apparecchi a motore, mobili e portatili non è richiesta la messa a terra quando questi siano muniti di doppio isolamento. Questa disposizione è contenuta nel decreto ministeriale del 20 novembre 1968 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 307 del 3 dicembre 1968).

Quindi, aspirapolvere, lucidatrici, asciugacapelli, frullini, affettatrici, piccoli ventilatori da tavolo, rasoi elettrici e via dicendo possono recare la spina a due soli spinotti, purchè siano *sempre* muniti di doppio isolamento in tutte le loro parti, oppure dispongano di isolamento rinforzato. In altri termini, questi elettrodomestici devono rientrare nella classe II, secondo la classificazione prevista dal CEI (fasc. 247) per l'isolamento degli apparecchi per gli utensili elettrici a motore, mobili o portatili.

Il pubblico come può accorgersi se un apparecchio è munito di doppio isolamento? Osservando se sulla targhetta è riportato il segno grafico relativo, costituito da due quadrati uno dentro l'altro, come è stato stabilito dalle norme CEI. Questa però è una finezza che spesso sfugge all'acquirente; assai più semplice richiedere un apparecchio approvato dall'Istituto del Marchio di Qualità. Fidarsi è bene, ma non fidarsi è meglio; conviene sempre controllare se l'elettrodomestico reca il classico monogramma dell'Istituto.

V.R.

Impianti antifurto

I giornali riportano quasi quotidianamente notizie di clamorosi furti e rapine a banche, uffici postali, negozi abitazioni. Con gli attuali progressi dell'elettrotecnica e dell'elettronica, possibile che non siano stati ancora messi a punto sicuri sistemi di protezione? Quali sono gli attuali orientamenti della tecnica a questo proposito?

B.P. - Macerata

Affermare che esista un sistema antifurto che offra garanzie in termini assoluti è praticamente impossibile.

Infatti, non si può, prescindere dall'eterna lotta fra guardie e ladri. Mentre i tecnici escogitano nuovi sistemi, sempre più perfetti e sofisticati, i «professionisti» dell'altra sponda non stanno certo con le mani in mano e si «aggiornano» con perfetto sincronismo.

Sistemi antifurto e antirapina esistono da tempo e oggi sono molto raffinati. Ci si può chiedere invece perchè non sono adottati su larga scala e qui si entra in un problema di carattere psicologico di non facile valutazione. Consideri il caso delle banche. Si sa che esse sono assicurate e il danno economico che subiscono per rapina viene rifuso dalle Compagnie assicuratrici. A questo concetto associ quello del pericolo che i rapinatori, armati, perdano la testa di fronte ad una reazione inattesa da parte dei funzionari o del pubblico e facciano fuoco. Se nel corso di una aggressione suona l'allarme, se le porte si bloccano, se i malviventi sono presi dal panico, che cosa può succedere?

Come vede il problema è assai complesso e deve pertanto essere studiato caso per caso. Ella potrà obiettare che non è necessario che l'allarme sia dato nell'ambito della banca stessa e che non vi sono difficoltà tecniche per trasmettere l'informazione a distanza. Su questo siamo d'accordo. Infatti i moderni impianti tendono appunto a trasmettere l'allarme direttamente alla centrale o al posto di polizia più vicino, sia utilizzando le normali linee telefoniche, sia con linee apposite o ponti radio. Diverso è invece il problema quando si tratta di negozi, uffici o appartamenti. Ovviamente, almeno nella maggioranza dei casi, l'azione furtiva viene condotta nelle ore notturne o quando l'appartamento è disabitato. L'entrata in funzione dell'allarme ha effetti immediati sul comportamento dei ladri.

Vediamo ora quali sono i sistemi attualmente adottati, senza però entrare nei singoli campi applicativi avendo già illustrato quali fattori siano da tenersi in considerazione per decidere come debba essere fornita la segnalazione. Saltiamo a piè pari i sistemi meccanici (serrature più o meno complicate) che non rientrano nella nostra competenza.

Gli impianti elettrici antifurto si basano tutti sul principio del circuito a corrente di riposo. Esso offre il vantaggio che la segnalazione viene fornita in ogni caso anche tagliando un filo o escludendo l'alimentazione esterna. Ovviamente, la sorgente ausiliaria di alimentazione (accumulatori) deve essere posta in appositi armadi protetti contro manomissioni. A parte la robustezza meccanica di tali armadi, nella parte interna delle porte e delle pareti sono posti, di solito, dei circuiti stampati che recano una fittissima rete di conduttori; sotto la azione del trapano o della fiamma ossidrica la continuità dei conduttori viene interrotta è ciò provoca l'allarme. Lo stesso criterio è applicato per la protezione di finestre e vetrine, ricorrendo a sottilissimi fili inseriti nel vetro cristallo.

Contatti in apertura, debitamente mascherati, possono essere posti dietro i quadri, o incassati negli stipiti delle porte e delle finestre. Passaggi obbligati vengono protetti con pedane e tappeti nei quali sono incorporati dei contatti, oppure tramite sbarramenti di raggi infrarossi, assolutamente invisibili.

La protezione di casseforti o di armadi blindati con dispositivi a capacità non sono, a quanto ci risulta, molto in auge; ad essi si preferisce la protezione globale mediante ultrasuoni. L'ambiente è saturato da un campo di ultrasuoni: è sufficiente una piccola perturbazione (la presenza di una persona che si muova sia pure con estrema cautela e lentissimamente) per creare squilibri che danno luogo a una segnalazione di allarme. Opportuni filtri sono predisposti per isolare l'impianto dai rumori esterni, quali possono essere, ad esempio quelli di origine stradale.

Altri dispositivi di protezione possono essere appositi microfoni o relè sensibili agli urti e alle vibrazioni, mentre contatti a pendolo sono previsti per i camini.

Non ci dilunghiamo oltre ritenendo di aver fornito un quadro abbastanza panoramico sull'argomento. Non è escluso, comunque che potremo farne oggetto di una trattazione più dettagliatta sulla rivista se il tema interessa altri lettori.

V.R.

APPARECCHIATURE MACCHINE - MATERIALI

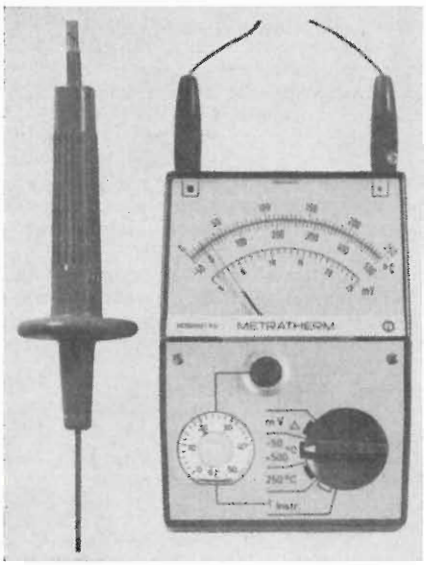
Le notizie riportate in questa rubrica non hanno alcun carattere preferenziale e sono state selezionate dalla Redazione esclusivamente in base all'interesse tecnico che esse rivestono. Per quanto la collaborazione a questa rubrica sia aperta a tutti e particolarmente gradita, tuttavia la Rivista si riserva ogni facoltà di pubblicare le notizie pervenute e non accetta nessun compenso per la pubblicazione. I lettori che lo desiderino possono chiedere informazioni e indirizzi che saremo lieti di fornire, indicando semplicemente su una cartolina postale la sigla preposta al titolo di ogni nota.

Ad 1 - Indicatore di temperatura portatile

La *METRAWATT AG* presenta un indicatore di temperatura, denominato Metratherm, maneggevole ed economico, con elemento sensibile Fe-Cost. Esso è dotato di due campi di misura della temperatura: 0 ... 250 °C e — 50 ...500 °C, nonché di un campo di misura 0 ... 25 mV per misure dirette della tensione di termocoppie con una resistenza esterna tarata di 20 ohm. Il campo di misura da 0 ... 250 °C è stato scelto in considerazione delle particolari esigenze della industria delle materie plastiche, dove molto spesso occorre misurare temperature da 200 a 250 °C.

La temperatura ambiente viene indicata da un termometro bimetallico incorporato. L'operatore fa indicare allo strumento la temperatura ambiente, che è anche la temperatura del giunto freddo, agente su apposita manopola: in tal modo lo strumento è pronto ad indicare le temperature, senza alcuna ulteriore correzione.

La Metrawatt AG è rappresentata in Italia dalla



Metrawatt Italiana S.p.A., 20158 Milano, Via Livigno 6 - Tel. 676.850 o 39100 Bolzano, Via Vanga 41 - Telefono 26.452, la quale cura la vendita ed il servizio di assistenza in Italia dei prodotti Metrawatt e Goerz Electro.

Ad 2 - Sistemi elettro-ottici

La *MULLARD Ltd.*, consociata del gruppo internazionale Philips, una delle più grandi produttrici di rivelatori a infrarossi, è stata per molto tempo una fornitrice di tali dispositivi utilizzati per applicazioni esclusivamente militari. Poichè sono ormai scadute le restrizioni dovute a motivi strategici, questi dispositivi sono ora disponibili per la loro utilizzazione in una grande varietà di applicazioni civili quali ad esempio la strumentazione per analisi delicate, gli equipaggiamenti di misura nel settore della ricerca ed i sistemi di controllo e di strumentazione nell'industria.

Uno dei nuovi rivelatori di infrarossi funziona a temperatura ambiente con sensibilità di 1×10^9 (λpk, 800,1) cmHz $^{1/2}$ W^{-1}, un ordine di grandezza migliore di quelle del tipo ad antimoniuro di indio. Il nuovo rivelatore dispone di un elemento sensibile al tellururo di cadmio-mercurio che presenta una risposta di qualche frazione di microsecondo e una bassa resistenza. Per conseguenza questo rivelatore può essere associato ad amplificatori transistorizzati senza dover interporre trasformatori di adattamento.

La elevata sensibilità e la risposta rapida del rivelatore al tellururo di cadmio-mercurio rendono il componente particolarmente adatto per una vasta gamma di applicazioni militari. Per la sua lunghezza d'onda, è particolarmente conveniente anche per analizzatori di gas e per molti sistemi di misura delle temperature.

Un altro componente è il bolometro piroelettrico che impiega triglycin solfato. Lo svluppo di questo materiale per la rivelazione degli infrarossi rappresenta un significativo progresso dato che non è influenzato da shock meccanici, elettrici o radioattivi. Il bolometro ha una sensibilità tipica di $1{,}2 \times 10^8$ (500 K, 90,1) cmHz$^{1/2}$ W^{-1} che è approssimativamente equivalente a quella dell'ingombrante cella Golay.

Il bolometro presenta anche i vantaggi di una microfonicità minore e di una più elevata stabilità rispetto alla cella Golay in un'area di sensibilità comparabile; è particolarmente conveniente per allarmi antifurto molto sensibili.

Il triglycin solfato è anche usato in un nuovo dispositivo ad alta frequenza che dovrà sostituire la termopila convenzionale usata ad esempio nella spettroscopia a trasformate di Fourier. Data la sua vasta gamma di impiego che va dalla lunghezza di onda di 2 μm fin quasi al millimetro, il triglycin solfato è particolarmente conveniente nella spettroscopia all'infrarosso.

E' stata anche realizzata una nuova gamma di rivelatori ad infrarossi molto economici che utilizzano un elemento sensibile realizzato con solfito di piombo depositato chimicamente. Questi rivelatori hanno un tempo di risposta di 400 μsec ed una sensibilità migliore di 10^{10} cmHz$^{1/2}$ W^{-1}. Se ne prevede l'impiego nei sistemi di allarme, nei sistemi antincendio e in applicazioni generali.

Quando è richiesta una stabilità a lungo termine alle alte temperature, come ad esempio nel controllo della fiamma di un forno, si possono usare i rivelatori di infrarossi realizzati con solfito di piombo vaporizzato. Anche questi hanno una sensibilità migliore di 5×10^{10} cmHz$^{1/2}$ W^{-1} ma il loro tempo di risposta è di soli 150 μsec.

I rivelatori di radiazioni con lunghezze d'onda superiori a 6 μm comprendono i rivelatori all'antimoniuro di indio che funziona ad una temperatura di 77 °K. Sono stati anche posti sul mercato alcuni rivelatori all'antimoniuro di indio e dispositivi al germanio drogati con mercurio o rame adatti alla rivelazione di radiazioni submillimetriche alla temperatura dell'elio liquido.

Ad 3 - Cavi in neoprene

La miniera di Santa Barbara a San Giovanni Valdarno, in provincia di Arezzo, fornisce lignite, del tipo xiloide, ad una vicina centrale elettrica. La lignite viene estratta da grandi escavatori e trasportata alla centrale mediante un'impressionante rete di nastri trasportatori. Sia la miniera che la centrale appartengono alla massima autorità statale taliana per l'elettricità, l'ENEL, Ente Nazionale per l'Energia Elettrica.

Nel 1956 quando la miniera di Santa Barbara passò dall'estrazione sotterranea a quella di superficie, furono installati 8 chilometri di cavi da 6 kV rivestiti da guaine di Neoprene, con isolamento a base di gomma butilica, che servono per la distribuzione dell'energia elettrica, dalla linea aerea ad anello alle varie macchine, mobili o fisse.

La funzione che assolvono questi cavi nella distribuzione dell'energia elettrica del complesso minerario è quella di collegamento tra un anello e linee fisse di distribuzione e le utenze dislocate in zone che subiscono l'evolversi dei programmi di scavo. Dai cavi principali si diparte un chilometro di cavi secondari. Da questi cavi rivestiti con il tenace elastomero Du Pont, si vanno ad alimentare le apparecchiature della miniera, costituite essenzialmente da grandi macchine per l'escavazione e da nastri trasportatori.

La Pirelli S.p.A., fabbricante dei cavi con conduttori di $3 \times 63 + 1 \times 32$ mm,^{2} ed aventi il diametro esterno di 68 mm ed un peso di 6950 kg/km, li provò a 14 kV. I cavi furono forniti nelle lunghezze adatte con terminali tripolari, stampati in Neoprene a ciascuna estremità. In tal modo, i collegamenti possono essere fatti rapidamente senza che sia necessaria l'opera di operai specializzati. Il fabbricante dei cavi scelse il Neoprene per le guaine — come fa per la maggior parte dei cavi per miniera di sua produzione — perché tali cavi sono classificati « per esercizi gravosi » e sono progettati per essere impiegati nelle condizioni operative più severe.

I primi cavi installati nella miniera di Santa Barbara nel 1956 sono tuttora in servizio, senza alcun segno visibile di deterioramento nonostante l'esposizione a condizioni estremamente gravose. In quella regione del Chianti, infatti, la temperatura in estate può raggiungere i 40 °C mentre in inverno può scendere a — 14 °C. I cavi di servizio impiegati sui grandi escavatori e nelle alte attrezzature della miniera sono soggetti ad un uso molto severo, in quanto vengono trascinati sul terreno, immersi nel fango e nell'acqua, spinti contro ostacoli imprevisti. Sugli escavatori, i cavi vengono continuamente piegati, in quanto svolti e riavvolti su avvolgicavi elettrici.

Nonostante questo severo trattamento i cavi originali con guaine in Neoprene, sono ancora in uso. Nel corso di questi anni alcuni chilometri di nuovi cavi, anch'essi rivestiti di guaine a base di Neoprene, sono andati ad aggiungersi ai veterani del 1956. L'ing. Di Stefano, Sovrintendente alla parte Elettrica della miniera di Santa Barbara, riferisce: « Questi cavi non hanno avuto vita facile, eppure hanno svolto il loro compito in maniera eccellente. Noi non abbiamo avuto problemi di alcun genere con questi cavi a base di Neoprene. Questo è il motivo per cui continuiamo a prescrivere la stessa qualità ».

Ad 4 - Misura del fattore di perdita e della capacità

Il fattore di perdita è ormai riconosciuto ovunque come l'indice dello stato di servizio elettrico di materiali isolanti o isolamenti soggetti all'invecchiamento naturale e ad agenti esterni. Sopratutto nella manutenzione di trasformatori, cavi, generatori, macchine ecc., viene data una grande importanza al fattore di perdita, in quanto la sua conoscenza aiuta a prevenire guasti e riparazioni del macchinario e ad evitare tempi d'interruzione delle linee di trasmissione che risulterebbero molto costosi.

La casa *TETTEX AG* di Zurigo, rappresentata in Italia dalla *Ampere* di Milano ha costruito un nuovo ponte portatile per misure di capacità e del fattore di perdita per questo campo di applicazione. Questo ponte si inserisce molto opportunamente tra i piccoli apparecchi di misura, sovente di precisione insufficiente, e gli apparecchi di laboratorio spesso troppo complicati e ingombranti per l'uso mobile e all'esterno.

Questo ponte nuovo, tipo 2805, non è basato su un metodo classico di ponte per corrente alternata con resistenze e condensatori, ma su uno schema a trasformatore differenziale. L'equilibrio del ponte si ottiene variando sia il numero delle spire del trasformatore inserito sia una combinazione RC variabile. Il fattore di perdita e la capacità possono essere letti direttamente senza calcoli sia a 50 Hz che a 60 Hz. Il ponte, che ha incorporato un indicatore di zero transistorizzato completo di pile di alimentazione è quindi indipendente dalla rete e può essere utilizzato sia nella fase di produzione, che in sala prove o all'esterno.

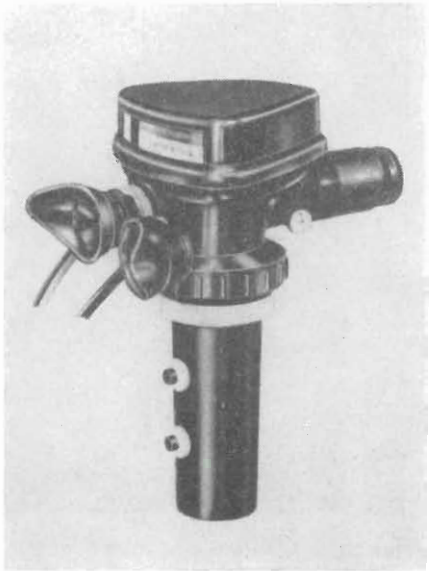
Un altro vantaggio dell'apparecchio consiste nel fatto che non esige un regolatore di potenziale di guardia, in quanto le capacità parassite e parziali dei cavi non influiscono in pratica sulle misure.

Il ponte accoppiato ad un condensatore campione può essere utilizzato sia per misure su oggetti messi a terra, sia su oggetti non messi a terra, con correnti fino a 50 A max., senza l'impiego di shunt o riduttori di corrente. Inoltre con un TA di precisione può essere usato per misure con correnti fino a 3 000 A.

Ad 5 - Pirometro ottico a filamento scomparente

La Soc. *VEB PRUFGERÄTE - MEDINGEN* ripresenta in Italia il Pirometro Ottico « PYROLUX », perfezionato e migliorato.

Il « PYROLUX » è uno strumento per misure di temperatura a distanza, basato sul sistema WOLBORN-KRULBAUM: si pongono a confronto la densità luminosa del filamento insito nello strumento e quello dell'oggetto sotto misura; aumentando o diminuendo la corrente nel filamento si otterrà una luminosità identica tra il filamento stesso e l'oggetto da misurare, a questo punto si bloccherà l'indice elettromagnetico della scala e si leggerà così il valore di temperatura misurato direttamente in gradi centigradi.



Il « PYROLUX » ha una gamma di misura compresa tra 700 e 2 000 °C, suddivisa su due scale.

Caratteristiche salienti:

— precisione dello 0,5 % del valore di fondo scala;
— compensazione automatica della temperatura ambiente sino a 60 °C;
— alimentazione con due pile a secco da 1,5 volt;
— peso 1,250 kg.

Lo strumento è montato in una custodia di materiale plastico antiurto a tenuta di polvere: il materiale plastico a bassa conduttività non avverte le radiazioni calorifiche quando la misura si esegue a poca distanza dalla sorgente.

SEGUENDO LA CRONACA

Apparecchio maneggevole per la respirazione artificiale

Di questo nuovo maneggevole apparecchio per la rianimazione artificiale di infortunati si sanno servire anche i profani. L'apparecchio chiamato Drager-Laerdal-Resutator, è composto di una specie di maschera per il viso alla quale è attaccato un

sacchetto elastico che viene compresso con la mano di modo che l'aria può affluire nel polmone. Lasciando il sacchetto il polmone si svuota e l'aria respiratoria evade attraverso una valvola. Mentre il sacchetto si ridilata, si riempie automaticamente d'aria. Essendo la maschera trasparente il soccorritore può osservare continuamente la bocca ed il naso della vittima. Il Resutator può decidere di vita o di morte nel caso di una disgrazia e per questo dovrebbero trovarsi in ogni macchina. L'impresa di Lubecca lo fornisce in due tipi, in una valigetta per automobilisti e come modello da muro per stazioni di soccorso, medici ed ambulanze.

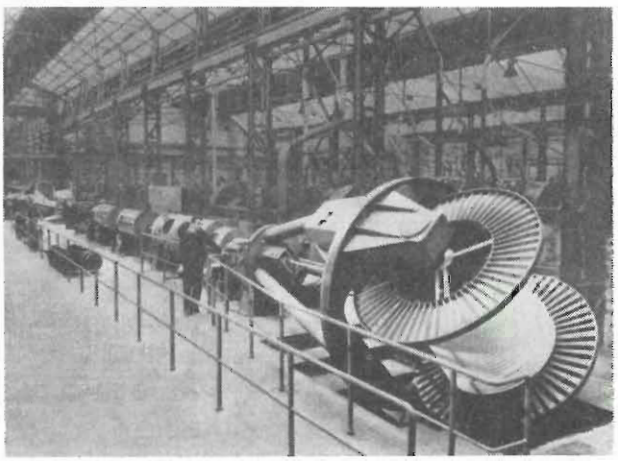
Le più grandi macchine per cavi ad alta tensione

Il Giappone riceverà, entro breve tempo, dalla Repubblica Federale di Germania le più grandi macchine del mondo per la fabbricazione di cavi ad alta tensione. La nota impresa Friedr. Krupp GmbH. fornisce alla ditta giapponese Furukawa Electric ed alla ditta Showa Electric macchine per la fabbricazione di cavi. Le macchine sono lunghe 47 metri, pesano 63 tonnellate e producono cavi fino a un diametro di 127 mm. Nel Giappone queste macchine produrranno cavi per il trasporto di corrente ad alta tensione. Finora Krupp ha fornito a imprese in tutto il mondo 26 di questi impianti.

La tecnica della Cyanamid messa a profitto per depurare le acque fangose del Mississippi

I due milioni di tonnellate di melma che ogni giorno sono trascinate dalle acque del grandioso Mississippi, costituiscono un grave problema per coloro che per utilizzare l'acqua del fiume debbono compiere un difficile e costoso lavoro di depurazione.

E' stato quindi accolto col molto favore lo sviluppo da parte della Cyanamid di una sostanza, chiamata Magnifloc, la quale, introdotta in piccola quan-



tità, in vasche di sedimentazione, fa precipitare sul fondo la materia in sospensione rendendo quindi limpida l'acqua.

Il Magnifloc ed altri prodotti del genere vengono ora usati anche negli impianti municipali di depurazione degli scoli di fogna, ottenendo in alcuni casi una riduzione del 50 % nel costo del trattamento depurativo.

Gia da molti anni la Cyanamid ha sviluppato una intensa attività di ricerca e di produzione nel campo delle sostanze chimiche per il trattamento delle acque ed ora, nel quadro generale degli intensificati sforzi in America contro l'inquinamento dell'ambiente naturale, ha potenziato ulteriormente le sue attività e i suoi quadri tecnici specializzati in materia, con la creazione di un apposito Reparto per Prodotti chimici per il trattamento delle Acque.

La Cyanamid svolge una vasta gamma di attività per soddisfare le necessità umane in vari campi, quali sostanze alimentari e sanitarie, materiali edili, fibre artificiali, prodotti di consumo e sostanze chimiche per l'industria.

4 interessanti volumi della EDITORIALE DELFINO

elettrotecnica pratica

Vol. I - ELEMENTI FONDAMENTALI

Si tratta di un'opera concepita con criteri nuovi e moderni, particolarmente adatta per i tecnici che intendono « rinfrescare od aggiornare » le loro nozioni di elettrotecnica. Ampiamente illustrata con disegni a due e più colori, con un testo piano e scorrevole, con numerosi esempi pratici desunti dalla tecnica più avanzata e con esercizi impostati in una forma originale, l'opera può ritenersi come un determinante contributo per il ***razionale apprendimento dell'elettrotecnica.*** **L. 3.500**

Vol. II - MISURE ELETTRICHE

Suddivisa in tre parti: strumenti e metodi di misura; prove e collaudi delle macchine elettriche; verifica degli impianti elettrici. Numerosi « esempi applicativi » forniscono una utilissima guida per eseguire razionalmente le misure. **L. 2.500**

Vol. III - MACCHINE ELETTRICHE

Esamina non solo i principi di funzionamento delle principali macchine elettriche, ma illustra pure i criteri costruttivi. Vengono inoltre riportate le norme di installazione e di manutenzione. Sono forniti, infine, elementi per il proporzionamento ed il cambio delle caratteristiche dei trasformatori e dei motori asincroni. **L. 2.700**

Vol. IV - TECNICA DEGLI IMPIANTI

Il testo offre una panoramica della tecnica degli impianti elettrici veramente completa ed efficace. Infatti sono frequentemente citate le norme CEI, il D.P.R. 547, e tutte le più recenti leggi e decreti legge che riguardano questo importante settore elettrotecnico ◆ Non è solo un volume di tecnica applicata, ma un'opera di studio in quanto per il corretto impiego delle apparecchiature vengono descritti i fenomeni che possono comprometterne il funzionamento. Sono poi esposti i criteri di scelta delle apparecchiature stesse al fine di coordinarne le caratteristiche con i requisiti richiesti dall'impianto ◆ Numerosissime le tabelle recanti dati riguardanti la progettazione degli impianti, dall'esame del capitolato alla stesura dell'offerta (di cui viene riportato un esempio assai dettagliato). **L. 4.000**

EDITORIALE DELFINO - VIA SIMONE D'ORSENIGO, 25 - 20135 MILANO - TEL. 584.932 / 584.971

Una originale serie di manuali tecnici in grado di soddisfare le più disparate esigenze.

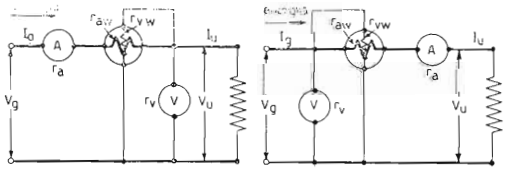
- **per i tecnici che devono reperire rapidamente una formula o un dato tecnico;**
- **per gli studenti degli Istituti Tecnici Industriali che devono ripassare le lezioni o prepararsi agli esami.**

Tutte le pagine sono impostate **schematicamente**

red **Riassunti Editoriale Delfino**

ERRORI DI CONSUMO

Si dicono errori sistematici di consumo quelli dovuti al consumo proprio degli strumenti. Sono dovuti agli amperometri, ai voltmetri e ai wattmetri e comportano un errore nella misura delle grandezze caratteristiche di un circuito. In relazione alla posizione reciproca che occupano in un circuito le bobine voltmetriche e amperometriche degli strumenti citati si ha:
— voltmetriche a monte delle bobine amperometriche;
— voltmetriche a valle delle bobine amperometriche.
L'errore di consumo può essere corretto con le formule riportate in tabella. Nel caso in cui non si volesse apportare correzioni, per la misura si deve scegliere l'inserzione che consente il minore errore sistematico.



r_{vt} - valore totale delle resistenze voltmetriche
r_{at} - valore totale delle resistenze amperometriche
P_u - Potenza utilizzatore
P_g - Potenza generatore

Grandezza da misurare	Causa d'errore	Errore causato	Grandezza misurata	Valore corretto
Schema A				
Utilizzatore	P_u	$r_{vt} = \frac{r_v \cdot r_{vw}}{r_v + r_{vw}}$	$\frac{V_u^2}{r_{vt}}$	P_m	$P_u = P_m - \frac{V_u^2}{r_{vt}}$
Generatore	P_g	$r_{at} = r_a + r_{aw}$	$r_{at} \cdot I_g^2$	P_m	$P_g = P_m + r_{at} \cdot I_g^2$
Schema B				
Utilizzatore	P_u	$r_{at} = r_a + r_{aw}$	$r_{at} \cdot I_u^2$	P_m	$P_u = P_m - r_{at} \cdot I_u^2$
Generatore	P_g	$r_{vt} = \frac{r_v \cdot r_w}{r_v + r_{vw}}$	$\frac{V_g^2}{r_{vt}}$	P_m	$P_g = P_m + \frac{V_g^2}{r_{vt}}$

Attualmente fanno parte della collana **red**

ELETTROTECNICA

A 1 - Correnti continue, fenomeni elettrostatici ed elettromagnetici L. 700
A 2 - Correnti alternate, sistemi monofasi e polifasi, circuiti oscillanti L. 700

MACCHINE ELETTRICHE

B 1 - Macchine statiche: trasformatori, raddrizzatori, reattori saturabili L. 700
B 2 - Macchine rotanti: asincrone, sincrone, a corrente continua L. 700

MISURE ELETTRICHE

C 1 - Strumenti, metodi ed errori di misura L. 700
C 2 - Prove delle macchine elettriche L. 700

ELETTRONICA

E 1 - Elementi fondamentali L. 700
E 2 - Elementi dei circuiti L. 700
E 3 - Elettronica generale L. 700

CHIMICA

F 1 - Chimica generale L. 700
F 2 - Chimica inorganica L. 700
F 3 - Chimica organica L. 700
F 4 - Chimica industriale e applicata L. 700

FISICA

G 1 - Meccanica ed acustica L. 700
G 2 - Termologia ed ottica L. 700
G 3 - Elettrologia L. 700

Supplemento aggiunto di

Elettrificazione

ELETTRONICA INDUSTRIALE

ed energia nucleare

Sommario

G. C. PIRAS - Automazione di un laminatoio reversibile a freddo mediante elaboratore pag. 649

Configurazioni possibili per la gabbia di laminazione e parti componenti un impianto di laminazione a freddo per nastri. Raffronto tra la soluzione automatizzata tramite elaboratore elettronico e quelle tradizionali.

G. F. FIGINI - P. M. COLLA - Alimentatori a tensione raddrizzata e filtrata . . » 658

Vari tipi di filtro: a condensatore, a induttanza e capacità. Schemi di collegamenti, diagrammi relativi e campi di applicazione.

— Prodotto da . . . . . » 662

Divisori di frequenza MTOS in plastica — Resistenze a film metallico — Condensatori elettrolitici standard di lunga durata — Nuovo ponte automatico di capacità.

— Voci dall'Italia e dal Mondo . . . . . » 663

Il Datex utilizza il servizio Telex per la trasmissione dei dati — Un elaboratore conta gli americani — Calcolatori di processo in cementifici italiani — Centrale telefonica via satellite — Possibile una TV plurilingue — Calcolatore di processo per una acciaieria — Vacanze senza problemi con l'aiuto del computers — Importante commessa aggiudicata all'S.T.S.

anno 14° - n. 12 - dicembre 1970

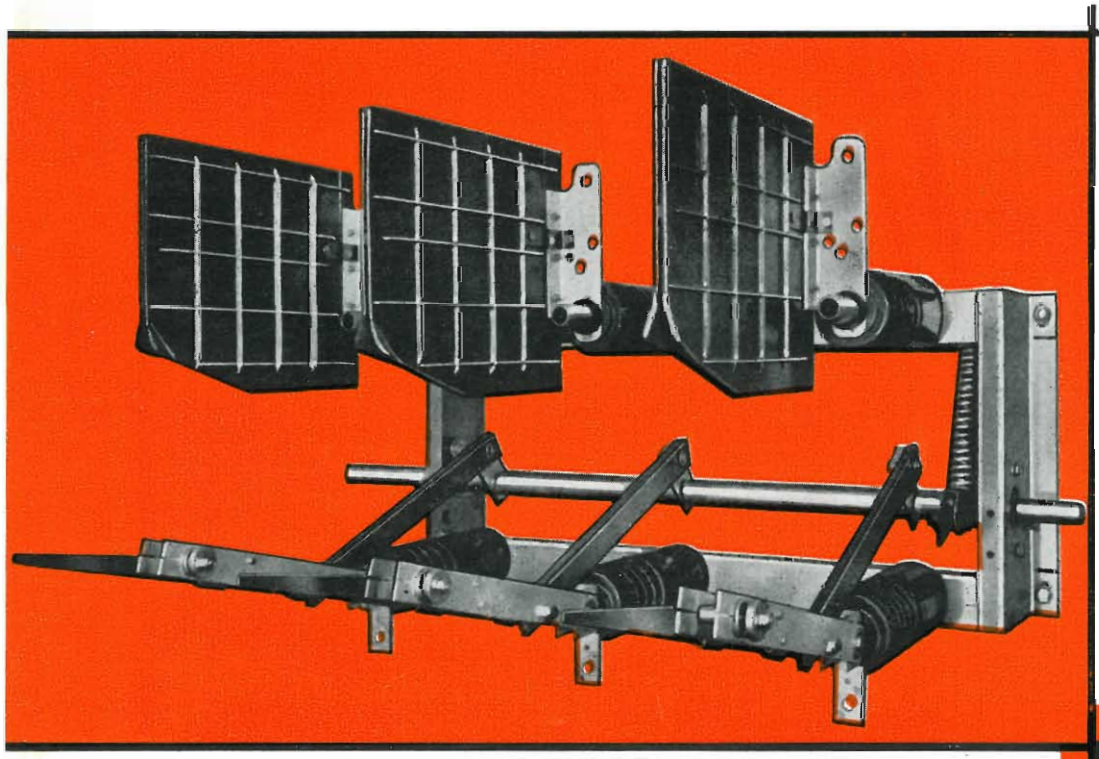
pubblicazione mensile

editoriale delfino - milano

sezionatori sottocarico

la soluzione pratica ed economica per la manovra e la protezione degli impianti

SP®



norme CEI ●
collaudi CESI ●
omologazione ENEL ●
(classe A)

Sezionatore sottocarico tipo SP1 - 20 kV

Sezionatore sottocarico con fusibili tipo SP2F - 20 kV

Tipo		SP10	SP15	SP20
Tensione nominale	kV	10	15	20
Tensione massima di esercizio	kV	12	17.5	24
Corrente nominale	A	630	630	630
Potere di interruzione (carichi attivi)	A	630	500	400
Potere di interruzione (trasformatori a vuoto)	A	20	20	20
Potere di interruzione (linee e cavi a vuoto)	A	10	10	10
Corrente termica - 1 sec	kA	15	15	15
Potere di chiusura	kA	38	38	38

publisace 170

SACE S. p. A.
COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE - BERGAMO
Uffici MILANO - ROMA, rappresentanti in tutte le regioni d'Italia

SACE BERGAMO

Automazione di un laminatoio reversibile a freddo mediante elaboratore

GIANCARLO PIRAS (*)

La richiesta, continuamente crescente in tutto il mondo, di laminati a freddo di tipo normale e di tipo speciale (acciai inossidabili, acciai magnetici, metalli non ferrosi, ecc.) rende particolarmente interessante lo studio di nuovi mezzi per aumentare la produttività, la qualità della produzione e la sicurezza di esercizio degli impianti di laminazione. Tali mezzi possono intervenire sulla configurazione meccanica dell'impianto, oppure, con grande efficacia, sulla strumentazione analogica e digitale di regolazione e supervisione dell'impianto. L'utilizzazione di un elaboratore permette di ampliare sostanzialmente, senza incidere sul costo complessivo di impianto, le funzioni automatizzate: il risultato fondamentale è la riduzione dei tempi morti e delle fermate dell'impianto e quindi l'aumento della produttività; il rilevamento e la valutazione automatica della situazione dell'impianto permettono una maggiore semplicità di conduzione ed un miglioramento del la qualità del prodotto. Infine la presenza stessa dell'elaboratore con la sua caratteristica flessibilità e potenza, induce ad una sempre piu approfondita conoscenza del comportamento dell'impianto e ad un continuo perfezionamento delle strategie di intervento sull'impianto stesso. In questo articolo verranno esaminate le diverse configurazioni possibili per la gabbia di laminazione, verranno brevemente descritte le parti componenti un impianto di laminazione reversibile a freddo per nastri di tipo Sendzimir e verranno infine esaminati alcuni gruppi di funzioni automatizzabili mediante elaboratore elettronico, raffrontate con le soluzioni tradizionali.

1 - Laminatoi reversibili a freddo per nastri

La classe dei laminatoi reversibili è caratterizzata dalla presenza di un'unica gabbia di laminazione: la riduzione di spessore del nastro viene quindi effettuata mediante successive passate nei due sensi. La laminazione a freddo permette di ridurre lo spessore del nastro fino a valori estremamente piccoli (fino a decimi di mm), di ottenere il nastro con tolleranze molto ristrette e con rifinitura superficiale molto accurata; l'incrudimento che il materiale subisce può essere utilizzato per migliorare le caratteristiche finali del nastro.

Le esigenze fondamentali poste agli impianti di laminazione reversibili a freddo possono ricondursi ai seguenti punti:

1) uniformità di spessore del nastro in uscita sia in larghezza che in lunghezza;

2) elevata pressione di laminazione e quindi elevata riduzione percentuale di spessore per passata; una pressione di laminazione ridotta fa sì che si giunga in poche passate al punto in cui, per il progressivo incrudimento del materiale, diventa indispensabile una ricottura di addolcimento per poter procedere ad ulteriori riduzioni di spessore con la stessa pressione disponibile;

3) possibilità di sostituzione rapida dei cilindri di lavoro per ottenere un elevato grado di finitura della superficie del nastro senza compromettere i tempi di lavorazione;

4) piena utilizzazione della potenza installata.

La configurazione meccanica della gabbia di laminazione influisce direttamente sul grado di soddisfazione di tali esigenze: in generale esse possono essere soddisfatte in misura crescente ricorrendo successivamente alle configurazioni duo, quarto e Sendzimir (fig. 1).

1-1 - Laminatoio tipo duo

Il laminatoio tipo duo costituisce la più semplice configurazione di laminazione: i due soli cilindri presenti trasmettono al nastro come pressione di laminazione le forze che i vitoni applicano ai colli dei cilindri stessi e contemporaneamente sono messi in rotazione dai motori di azionamento. I cilindri sono quindi sollecitati a flessione dalla reazione del nastro e a torsione dalle allunghe di comando. Il fatto che i cilindri non siano in alcun modo sostenuti longitudinalmente comporta una rilevante inflessione (fig. 2) con conseguente disuniformità di spessore del nastro in larghezza. La necessità di migliorare la rigidezza alla flessione aumentando il diametro dei cilindri si oppone alla esigenza di una elevata pressione di laminazione: come appare chiaro dalla figura 3, a parità di ri-

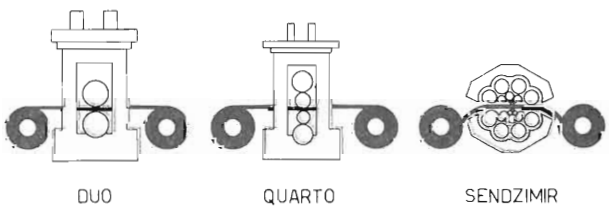


Fig. 1 - Configurazioni fondamentali di impianto per la laminazione a freddo in successive passate.

(*) dott. ing. Giancarlo Piras, Brown Boveri Cie., Baden e Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari.

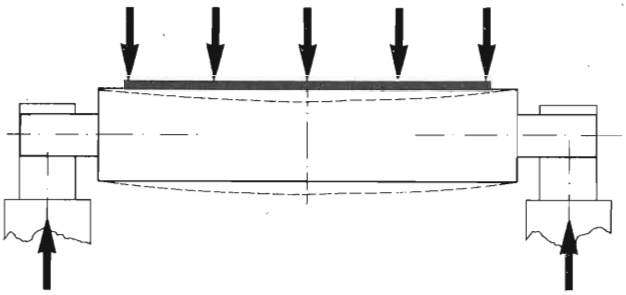


Fig. 2 - Inflessione dei cilindri di lavoro dovuta alla reazione del nastro in laminazione.

duzione di spessore, aumentando il diametro la superficie di contatto fra cilindro e nastro aumenta e la pressione di lavoro diminuisce. Soluzioni di compromesso non riescono ad evitare la necessità di ricotture intermedie del nastro e risultano nel complesso insoddisfacenti: naturalmente il grande diametro dei cilindri rende particolarmente scomoda la loro sostituzione. Per diminuire l'effetto dell'inflessione dei cilindri si è ricorso talora alla loro rettifica convessa: tuttavia per mantenere costantemente la freccia di flessione al valore compensato dalla bombatura dei cilindri, si è costretti a laminare a pressione costante e quindi, per il progressivo incrudimento del nastro, con riduzione percentuale di spessore decrescente ad ogni passata; poichè la superficie di contatto decresce mentre la pressione si mantiene costante, la forza complessiva e quindi la potenza messa in gioco dal laminatoio decresce ad ogni passata (a parità di velocità di laminazione).

In totale la potenza installata può essere pienamente utilizzata solo nelle prime passate mentre nelle successve ci si allontana dalle condizioni nominali di funzionamento: il grado di utilizzazione ed il rendimento medio si riducono rapidamente a valori inammissibili.

1-2 - Laminatoio tipo quarto

A causa delle gravi limitazioni cui si è accennato, il laminatoio tipo duo è stato soppiantato nella laminazione a freddo dal tipo quarto: esso è caratterizzato dalla presenza di due grandi cilindri di spallamento folli che sostengono i cilindri di lavoro azionati dalle allunghe di comando. Anche se i cilindri di spallamento sono supportati soltanto alle estremità, la freccia di flessione nei cilindri di lavoro si riduce a valori molto più modesti.

I cilindri di lavoro, sollecitati quasi esclusivamente a torsione, possono essere sostanzialmente ridotti di diametro: ne segue un aumento della pressione di laminazione e la possibilità di laminare nastri di maggiore larghezza (fino ad un massimo di circa due metri).

Tuttavia il diametro dei cilindri di lavoro non può essere ridotto al di sotto di certi limiti: infatti il diametro deve essere sufficiente perchè le sollecitazioni di torsione non superino i valori ammissibili e perchè non si abbia slittamento e quindi eccessiva usura nella superficie di contatto con i cilindri di spallamento.

Anche nel quarto, come nel duo, la sostituzione dei cilindri di lavoro, collegati alla parte di azionamento, costituisce una operazione lunga ed onerosa soprattutto quando, per ottenere un elevato grado di finitura superficiale, è necessario cambiare i cilindri di lavoro con altri in perfette condizioni durante la laminazione dello stesso rotolo.

Il laminatoio quarto ha comunque costituito un enorme passo avanti rispetto al duo e si è imposto per decenni nel campo della laminazione a freddo. Anche attualmente i treni continui per nastri adatti a grandi produzioni con tolleranze commerciali sono impostati su questo schema.

I limiti del laminatoio tipo quarto diventano importanti non appena si richiedano spessori molto sottili, tolleranze rigorose ed elevati gradi di finitura e quando si trattino materiali a forte incrudimento, come acciai di tipo speciale e leghe di metalli non ferrosi.

1-3 - Laminatoio tipo Sendzimir

La maggior parte dei problemi messi fin qui in evidenza vengono risolti con limitati costi di impianto dalla configurazione di tipo Sendzimir. Questo tipo di laminatoio, ideato da Taddeo Sendzimir, è caratterizzato da numerose particolarità costruttive geniali: esso è fondamentalmente costituito da una gabbia monoblocco in acciaio nella quale sono montati due piccolissimi cilindri di lavoro sostenuti da due o tre ordini di cilindri di spallamento.

Si calcola che attualmente circa 300 laminatoi di tipo Sendzimir, con diversi gradi di automazione, siano stati installati nel mondo: le applicazioni prevalenti riguardano la laminazione di acciai inossidabili, magnetici al silicio e legati, di leghe di rame e di alluminio, di metalli preziosi.

Le varianti della configurazione Sendzimir sono munite di 6, 12 oppure 20 cilindri. Nella figura 4 è illustrata la disposizione dei cilindri nella variante a 20 cilindri: oltre ai cilindri di lavoro, il cui diametro può variare da un minimo di soli 5 mm (per una larghezza massima di 100 mm) ad un massimo di circa 100 mm (per una larghezza di oltre 2 000 mm), si hanno 4 cilindri primi inter-

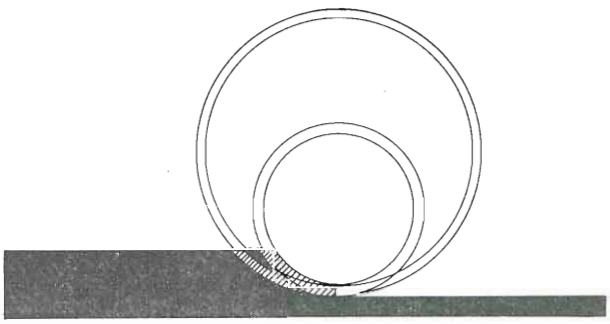


Fig. 3 - Influenza del diametro dei cilindri di lavoro sulla superficie di contatto con il nastro e quindi (a parità di forza complessiva) sulla pressione di laminazione.

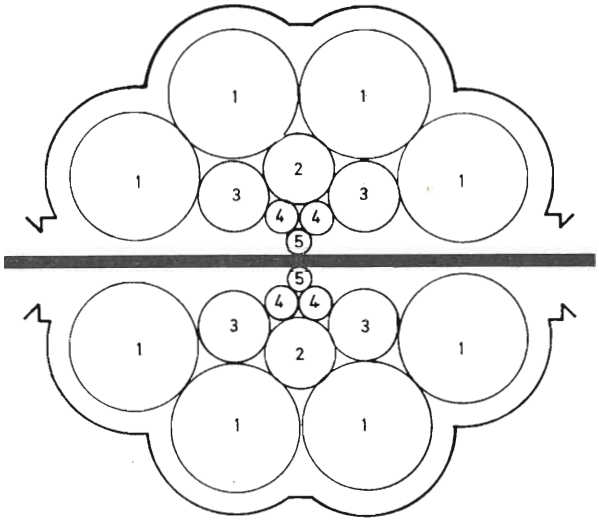


Fig. 4 - Disposizione dei cilindri in un laminatoio di tipo Sendzimir a 20 cilindri.
1 – elementi di spallamento
2 – cilindri secondi intermedi
3 – cilindri di comando
4 – cilindri primi intermedi
5 – cilindri di lavoro.

medi, 6 cilindri secondi intermedi, di cui 4 collegati alle allunghe di comando, e 8 elementi di spallamento, appoggiati alla gabbia mediante l'interposizione di selle di sostegno. La trasmissione del moto ai cilindri di lavoro avviene per attrito; le reazioni del nastro sui cilindri di lavoro si trasmettono attraverso i tre ordini di cilindri fino a distribuirsi sull'intera superficie interna della gabbia: quest'ultima è realizzata in un solo blocco di acciaio fuso, sottoposto ad una successiva ricottura di normalizzazione allo scopo di eliminare le tensioni interne (fig. 5). In questo modo ogni possibilità di inflessione dei cilindri di lavoro è praticamente eliminata. La superficie di contatto fra i cilindri di lavoro e il nastro è molto piccola e quindi la pressione di laminazione molto elevata: è possibile laminare con riduzioni percentuali circa costanti utilizzando la piena potenza messa a disposizione dai motori (per riduzione percentuale di spessore costante la superficie di contatto decresce con le passate, ma il materiale incrudendo richiede una pressione di laminazione maggiore e quindi la potenza necessaria risulta circa costante a parità di velocità di laminazione.

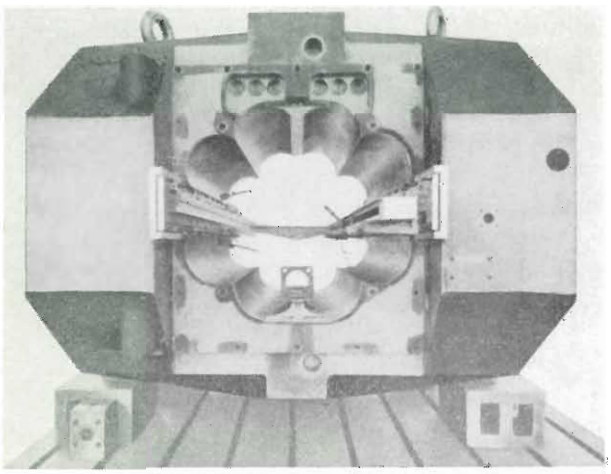


Fig. 5 - Gabbia per laminatoio di tipo Sendzimir a 20 cilindri, realizzata in un solo blocco di acciaio fuso, sottoposto a successiva ricottura di normalizzazione (costruzione Innocenti).

Le modeste dimensioni dei cilindri di lavoro ne permettono la sostituzione in tempi sempre inferiori al minuto e quindi senza incidere pesantemente sui tempi di produzione: in pratica si tengono sempre di riserva coppie di cilindri di lavoro appena rettificati per le passate di finitura (figura 6).

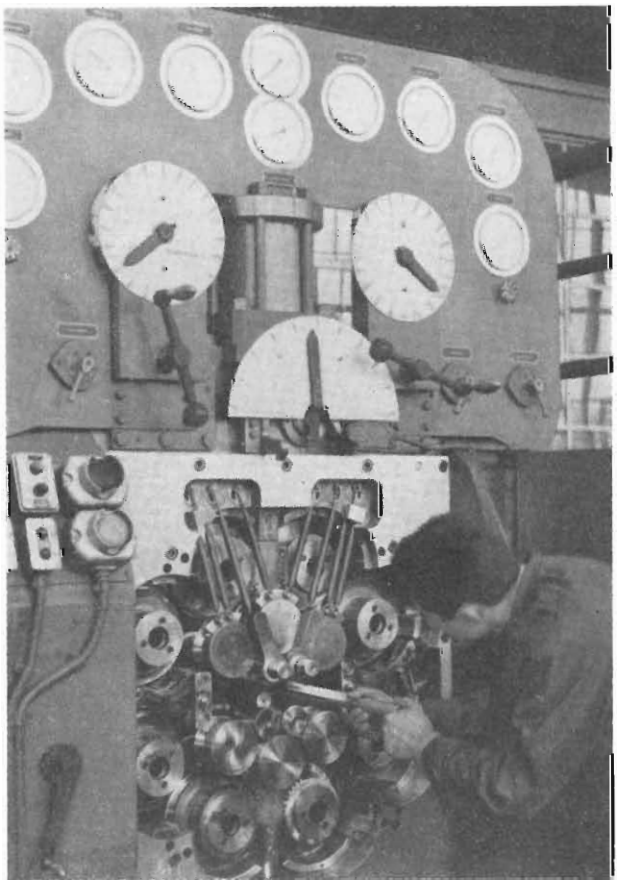


Fig. 6 - Sostituzione dei cilindri di lavoro in un laminatoio Sendzimir (costruzione Innocenti).

Lo spostamento dei cilindri di lavoro è ottenuto agendo sugli elementi di spallamento come illustrato nella figura 7: gli elementi di spallamento sono costituiti da un albero concentricamente al quale sono montati cuscinetti a rulli con anelli esterni appoggiati sui cilindri secondi intermedi e cuscinetti a rullini con anelli esterni, eccentrici rispetto all'albero, appoggiati alla gabbia attraverso le selle di sostegno; gli anelli esterni dei cuscinetti a rullini possono essere fatti ruotare mediante un sistema di comando a settore e cremagliera ottenendo, per l'eccentricità della circonferenza

esterna, uno spostamento dell'asse di rotazione dell'albero e quindi uno spostamento del piano di tangenza fra gli elementi di spallamento ed i cilindri secondi intermedi. Lo spostamento conseguente dei cilindri di lavoro risulta particolarmente fine e tale da prestarsi a regolazioni di spessore eccezionalmente precise; inoltre compensazioni per l'usura dei cilindri risultano evidentemente molto agevoli (fig. 8).

L'uniformità di spessore in larghezza viene ulteriormente migliorata compensando la maggiore resistenza alla deformazione al centro del nastro rispetto ai bordi: i cilindri primi intermedi sono previsti con una certa conicità ad una estremità e possono venire spostati assialmente (fig. 9). Diventa possibile variare la pressione su uno o l'altro dei bordi o su entrambi in dipendenza dal materiale da laminare, dalla riduzione percentuale in corso, dallo spessore iniziale e soprattutto dalla larghezza del nastro.

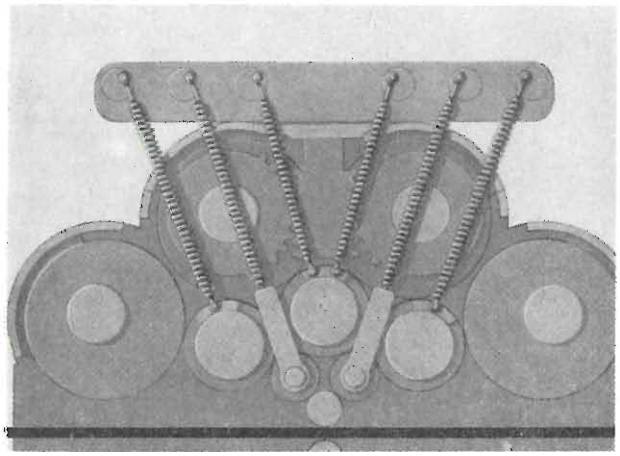


Fig. 7 - Spostamento dei cilindri di lavoro mediante rotazione eccentrica degli elementi di spallamento.

2 - Costituzione di un impianto di laminazione Sendzimir

Dal punto di vista meccanico l'impianto di laminazione è costituito dalle seguenti parti:

— la gabbia di laminazione, descritta nel paragrafo precedente,
— due aspi di trazione, alternativamente uno in avvolgimento e l'altro in svolgimento frenato,
— un devolgitore, cioè un aspo ausiliario per lo svolgimento di un nuovo rotolo di lamiera da laminare,
— una spianatrice a rulli multipli per eliminare eventuali ondulazioni della lamiera proveniente dal devolgitore e destinata alla prima passata nel laminatoio,
— eventualmente due dispositivi di introduzione di un foglio di carta fra le spire della lamiera in uscita dalla gabbia.

Fra gli aspi e la gabbia si hanno due rulli deflettori, ai quali possono essere collegati dispositivi di misura della lunghezza del nastro e dei tiri sulla lamiera a monte e a valle della gabbia.

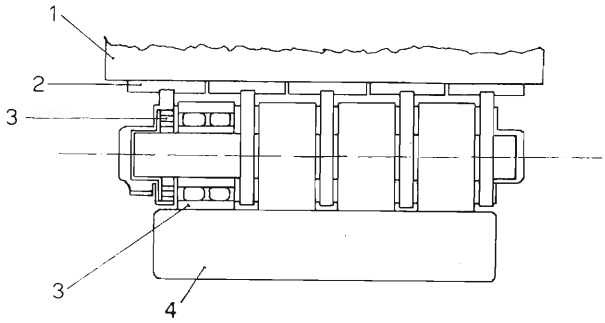


Fig. 8 - Costituzione degli elementi di spallamento.
1 - gabbia
2 - selle
3 - cuscinetto a rullini (con anello esterno eccentrico rispetto all'albero)
4 - cuscinetto a rulli
5 - cilindro secondo intermedio.

L'azionamento dei cilindri della gabbia è realizzato mediante due motori a corrente continua alimentati da convertitori statici a tiristori: i gruppi sono previsti per un funzionamento a quattro quadranti, dovendo la gabbia avviarsi e frenare in entrambe le direzioni. I due aspi sono azionati ognuno da più motori in corrente continua fra loro meccanicamente accoppiabili, in modo da comprendere una ampia gamma di tiri: anche in questo caso l'alimentazione è fornita da convertitori statici a tiristori, previsti per un funzionamento a quattro quadranti.

Infatti il mantenimento dei tiri ad un valore costante durante le fasi di accelerazione e di rallentamento può richiedere l'erogazione, da parte dei motori degli aspi di coppie di direzione opposta rispetto a quelle nominali tali da compensare le coppie dovute all'inerzia delle masse in rotazione.

Il comando della cremagliera della gabbia viene effettuato mediante azionamento oleodinamico.

La temperatura dei cilindri è mantenuta costante ed uniforme mediante l'olio sotto pressione del sistema di lubrificazione: la tenuta della gabbia è assicurata da guarnizioni elastiche a comando idraulico in corrispondenza delle feritoie per il passaggio della lamiera.

Il rilevamento dello spessore del nastro viene effettuato utilizzando due dispositivi a raggi X, montati rispettivamente a monte e a valle della gabbia.

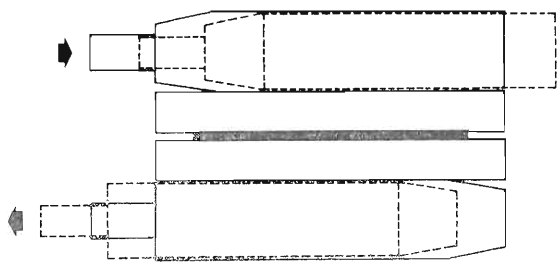


Fig. 9 - Spostamento assiale dei cilindri intermedi per rendere più uniforme la distribuzione del carico sui cilindri di lavoro.

3 - Automazione di un impianto di laminazione Sendzimir

L'equipaggiamento elettrico ed oleodinamico è generalmente dotato di più anelli di mantenimento analogico di set points stabiliti dall'operatore, fra cui ad esempio:

— regolazione dello spessore in uscita al valore prefissato, mediante rilevamento dello spessore del nastro in uscita (ed eventualmente in entrata) ed azione sulla distanza fra i cilindri di lavoro e sui tiri dei due aspi;
— regolazione della velocità di laminazione al valore prefissato;
— regolazione dei tiri degli aspi ai valori prefissati anche durante le fasi di accelerazione e frenatura.

La frenatura a fine rotolo in modo da ottenere il minimo tratto morto di nastro è in generale effettuata automaticamente per via analogica o mista analogico-digitale.

Si esaminano ora alcune delle funzioni che possono venire automatizzate mediante un elaboratore elettronico, mettendo in evidenza i vantaggi apportati all'impianto rispetto alle soluzioni tradizionali.

3-1 - Distribuzione dei set points

Per ogni tipo di materiale sono stati stabiliti, in base a noti procedimenti di calcolo e in base all'esperienza, i valori dei set points che danno luogo ad un funzionamento soddisfacente dell'impianto. Parte dei set points, come durezza, lega, larghezza, ecc., sono comuni ad ogni passata; altri, come velocità di laminazione, riduzione di spessore, tiri degli aspi, accoppiamento fra i motori degli aspi, ecc., sono diversi per ogni passata. Tutti questi valori possono essere impostati manualmente dall'operatore sul pulpito di comando: ciò impone però un tempo morto molto rilevante rispetto ai tempi di lavorazione e comporta la possibilità di numerosi errori. Utilizzando un elaboratore i gruppi di set points che costituiscono i diversi programmi di laminazione possono essere immagazzinati in memoria una volta per tutte: una unica richiesta dell'operatore provoca il trasferimento del programma di interesse in una area di lavoro all'interno della memoria da cui i set points, passata per passata ed al momento previsto, vengono trasmessi all'impianto.

Si può prevedere un modo di funzionamento semi automatico con lo scopo di poter facilmente mettere a punto nuovi programmi di laminazione: i diversi set points, impostati manualmente dall'operatore sul pulpito di comando, possono venire memorizzati su richiesta nell'area di lavoro e successivamente possono venire stampati su protocollo.

Le unità dell'interfaccia con le quali tale funzione è realizzata sono, oltre al canale di entrata/uscita dati di processo DP 1201 e all'unità di distribuzione dati DP 1002: l'unità di uscita digitale DP 1006, con cui i diversi set points sono inviati

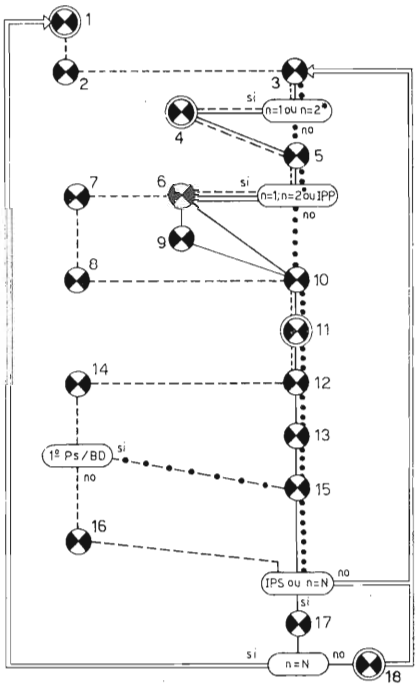


Fig. 10 - Comando sequenziale delle operazioni: quadro sinottico.
— — — 1ª passata
——— 2ª passata
— · — 1ª passata dal devolgitore
——— ultima passata
· · · · passata n
IPP – blocco dato durante la passata precedente
IPS – blocco della passata successiva.
$n = 2^*$ – 2ª passata quando la 1ª è partita dal devolgitore.

all'impianto e l'unità di entrata digitale DP 1005 con cui vengono ricevuti i segnali di conferma dall'impianto stesso (fig. 14).

3-2 - Comando sequenziale delle operazioni

Le operazioni automatiche e manuali da effettuare durante il funzionamento dell'impianto sono raggruppate in 18 fasi: l'elaboratore prepara ed invia all'impianto in ogni istante i segnali di comando necessari ed attende i segnali di conferma corrispondenti, realizzando, insieme ai gruppi di regolazione, un sistema di interblocchi e temporizzazioni fra le diverse operazioni.

Ad ogni fase corrisponde una lampadina in un quadro sinottico: l'accensione di una lampadina indica l'inizio della fase corrispondente, mentre il suo spegnimento indica il completamento delle operazioni della fase. Per alcune fasi particolarmente importanti, in cui si richieda una decisione da parte dell'operatore (ad esempio la scelta del programma di laminazione, la distribuzione dei set points, l'autorizzazione ad accelerare) il passaggio alla fase successiva è possibile solo in seguito a quietanza manuale sul quadro sinottico. Nella figura 10 tali fasi critiche sono quelle contraddistinte dai numeri 1, 4, 11, 18.

Le unità dell'interfaccia utilizzate sono: l'unità di uscita digitale DP 1006 per la distribuzione dei comandi all'impianto, l'unità di entrata digitale DP 1005 per il rientro dei segnali di confer-

ma, l'unità delle interruzioni prioritarie DP 1010 che coordina dinamicamente l'esecuzione delle operazioni.

3-3 - Rallentamento automatico in corrispondenza di difetti

La necessità di effettuare la laminazione di tratti di lamiera contenenti zone di saldatura, fori, ecc. a velocità ridotta per evitare che il nastro si strappi o che il difetto si aggravi, è in contrasto con l'interesse ad una velocità media di laminazione elevata: il ritrovamento automatico delle zone contenenti difetti e la loro laminazione a velocità ridotta comporta un sostanziale miglioramento dei tempi di produzione; si ha inoltre un miglioramento della qualità del nastro prodotto e della scurezza di funzionamento dell'impianto.

Il sistema di rallentamento automatico ha i seguenti scopi:

— memorizzazione fino a 20 o 30 punti di rallentamento ad una delle due velocità ridotte e di riaccelerazione alla velocità nominale della passata (cioè fino a 10 o 15 zone di rallentamento);
— esecuzione dei rallentamenti e delle riaccelerazioni memorizzate nelle passate precedenti in modo da garantire la laminazione alla velocità ridotta prescelta delle precise lunghezze di nastro desiderate, indipendentemente dalla velocità nominale della passata in corso e dalla velocità nominale della passata in cui il rallentamento è stato richiesto;
— rispetto degli andamenti triangolari della velocità che possono aversi in corrispondenza di zone di rallentamento vicine fra di loro o in corrispondenza delle fasi di accelerazione iniziale e di frenatura finale, al fine di ottenere la massima velocità media di laminazione.

La massima lunghezza di nastro compresa fra due successivi punti di rallentamento o riaccelerazione è pari a circa 25 km; la precisione con cui i punti sul nastro sono ritrovati è in ogni caso superiore a ± 1 m.

Costituzione del sistema

Nella figura 11 è riportata la configurazione del sistema dal punto di vista hardware. Si hanno i seguenti componenti:

a) *Laminatoio*
— due generatori di impulsi collegati ai rulli deflettori per il rilevamento delle lunghezze di nastro;

b) *Periferia*
— un contatore in avanti di lettura a 16 bits (unità DP 1012), che emette un segnale di interruzione quando torna a zero per superamento del massimo contenuto possibile e che viene automaticamente azzerato ad ogni lettura;
— un contatore all'indietro ausiliario a 16 bits (unità DP 1006/Z) che può ricevere un valore iniziale e che emette un segnale di interruzione quando arriva a zero;

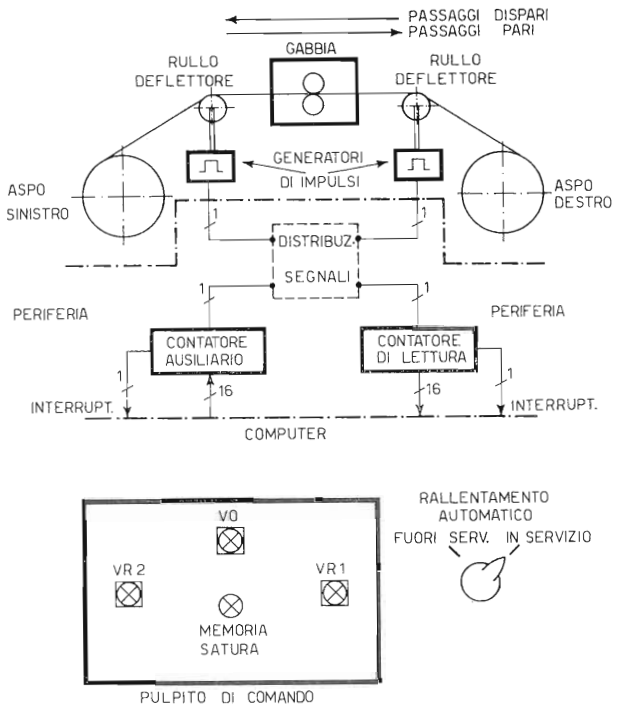


Fig. 11 - Rallentamento automatico in corrispondenza di difetti: configurazione del sistema.

— una unità di distribuzione degli impulsi, che può invertire i collegamenti fra i generatori di impulsi ed i contatori;

c) *Pulpito di comando*
— due tasti con lampadina di segnalazione VR1 e VR2, per il rallentamento alla prima e alla seconda velocità ridotta;
— un tasto con lampadina di segnalazione V0 per la riaccelerazione alla velocità nominale della passata;
— una lampadina di segnalazione « Memoria Satura », che si accende quando il numero dei segnali memorizzati ha raggiunto il valore massimo previsto;
— un interruttore « In servizio/Fuori servizio », che può bloccare i segnali destinati ai gruppi di regolazione.

Funzionamento durante la prima passata

Il sistema entra in funzione su richiesta del comando sequenziale delle operazioni; i valori delle velocità nominali delle passate e della accelerazione del laminatoio sono fissati dal programma di laminazione, mentre i valori delle velocità ridotte e dei diversi termini correttivi si trovano già nella memoria dell'elaboratore e possono essere variati « off-line » mediante la telescrivente.

All'inizio di ogni passata l'unità di distribuzione degli impulsi provvede a collegare il contatore di lettura DP 1012 con il generatore di impulsi a valle e il contatore ausiliario DP 1006/Z con il gene-

ratore di impulsi a monte rispetto alla gabbia di laminazione.

Le zone di rallentamento vengono indicate sul pulpito di comando mediante l'accensione della lampadina corrispondente VR1 oppure VR2, dall'istante di invio (dal pulpito o dall'elaboratore) dell'ordine di rallentamento alla regolazione, all'istante di invio dell'ordine di riaccelerazione a velocità nominale.

Durante la prima passata, di regola effettuata a velocità molto bassa, l'operatore individua a vista, sul nastro a monte della gabbia, i difetti per i quali è necessaria una laminazione a velocità ridotta: mediante il tasto VR1 (o VR2 a seconda dell'entità del difetto), l'operatore provoca l'inizio di una fase di rallentamento prima che il difetto sia passato fra i cilindri di lavoro; mediante il tasto V0 l'operatore determina l'inizio di una fase di riaccelerazione alla velocità nominale della passata, non appena il difetto è transitato fra i cilindri di lavoro. Se la velocità ridotta richiesta è inferiore alla velocità nominale l'ordine di rallentamento viene immediatamente trasmesso alla regolazione; in caso contrario il rallentamento verrà effettuato a partire dalla passata successiva. Il segnale dal pulpito dà luogo alla lettura del numero di impulsi contenuto nel contatore DP 1012, collegato al generatore di impulsi a valle della gabbia, ed alla sua memorizzazione insieme al codice della velocità da raggiungere (VIT).

Funzionamento durante le passate successive

All'inizio della passata successiva i segnali e i valori memorizzati vengono controllati ed elaborati dall'unità centrale per permettere il ritrovamento dei punti di variazione di velocità. Il controllo elimina i segnali dati in successione errata, elimina i segnali corrispondenti a zone di rallentamento che l'operatore ha ordinato di sopprimere, identifica la presenza di andamenti triangolari della velocità. L'elaborazione dei numeri di impulsi agisce in modo da anticipare i segnali di decelerazione in funzione della velocità nominale della passata in corso e i segnali di riaccelerazione in funzione della velocità nominale della passata precedente. I valori elaborati vengono, a partire dall'ultimo, immessi nel contatore DP 1006/Z, connesso al generatore di impulsi a monte della gabbia: il segnale di interruzione che il contatore fornisce quando (contando all'indietro) arriva a zero, indica il raggiungimento del punto cercato. Segue la trasmissione dell'ordine corrispondente alla regolazione, l'immissione del successivo valore elaborato nel contatore DP 1006/Z e la lettura del valore contenuto nel contatore DP 1012: tale valore, relativo al nastro appena laminato, è necessario per ritrovare lo stesso punto nella passata seguente.

La formula generale per il passaggio dai numeri di impulsi letti sul contatore DP 1012 nella passata precedente, ai numeri di impulsi da immettere

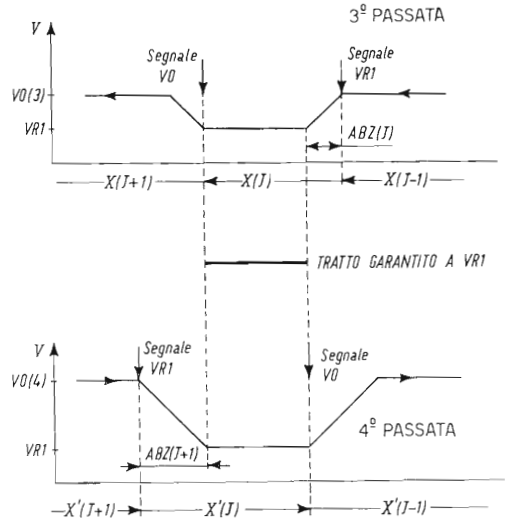


Fig. 12 - Passaggio dal numero di impulsi X (J) letto sul contatore DP 1012 durante la terza passata al numero di impulsi X' (J) da immettere nel contatore DP 1006/Z durante la quarta passata.

nel contatore DP 1006/Z nella passata in corso, è la seguente (riferita al valore *j-esimo*):

$$X'(J) = X(J) - ABZ(J) + ABZ(J+1) + DIST$$

essendo:

$X'(J)$	:	valore elaborato da immettere nel contatore DP 1006/Z;
$X(J)$	:	valore letto nel contatore DP 1012;
$ABZ(J)$	:	numero di impulsi necessario per passare dalla velocità del tratto (J-1) alla velocità del tratto (J);
$ABZ(J+1)$	:	numero di impulsi necessario per passare dalla velocità del tratto (J) alla velocità del tratto (J + 1);
$DIST$	:	termine correttivo che tiene conto di eventuali slittamenti della lamiera sul rullo deflettore.

L'influenza delle zone di variazione della velocità $ABZ(J)$ e $ABZ(J+1)$ appare chiara dalla figura 12: quando si ha un rallentamento tale zona, nella figura $ABZ(J)$, deve essere calcolata in base alla velocità nominale della passata precedente; quando si ha una riaccelerazione tale zona, nella figura $ABZ(J+1)$, deve essere calcolata in base alla velocità della passata in corso.

Poichè la costanza del valore dell'accelerazione è garantita dai gruppi di regolazione, il calcolo delle zone di variazione della velocità può venire effettuato in base alle seguenti relazioni:

$$v = \frac{ds}{dt}$$

da cui:

$$ds = v\,dt \qquad a = \frac{dv}{dt}$$

da cui:

$$dt = \frac{1}{a}\,dv$$

$$s = \int_{v_1}^{v_2} ds = \int_{v_1}^{v_2} v\,dt = \int_{v_1}^{v_2} \frac{v}{a}\,dv = \frac{1}{2a}(v^2_2 - v^2_1)$$

e quindi, passando al numero di impulsi, introducendo un ulteriore termine correttivo:

$$ABZ = \frac{KIMP \cdot KVU^2}{2 \cdot ACC} (VO^2 - VR^2)$$

essendo:

ABZ : zona di variazione della velocità espressa in numero di impulsi;

KIMP : numero di impulsi per unità di lunghezza di nastro;

KVU : coefficiente di maggiorazione della velocità di uscita del nastro dai rulli di lavoro rispetto alla velocità periferica dei rulli di lavoro stessi (per laminatoi di tipo Sendzimir il coefficente è circa 1,05);

ACC : accelerazione prescelta per il programma di laminazione in corso.

Il valore calcolato per ogni ABZ può venire modificato da una speciale subroutine di controllo che tiene conto della eventuale formazione, mantenimento o sparizione di andamenti triangolari della velocità, in modo da garantire in ogni situazione la massima velocità media di laminazione. E' interessante notare che tale funzione avrebbe potuto essere realizzata per via hardware, prevedendo due ulteriori contatori ed un timer (Bibl. [7]): questa soluzione avrebbe però aumentato il costo dell'impianto ed il numero dei componenti soggetti a guasti.

Viene messo in evidenza un caratteristico vantaggio della soluzione software di un problema rispetto alla corrispondente soluzione hardware: anche se l'engineering per il software può risultare più costoso, il programma che ne risulta, una volta messo a punto, non incide più sul costo dei successivi impianti e permette di aumentare la affidabilità del sistema.

Durante le passate successive l'operatore può eliminare zone di rallentamento prima previste, può cambiare la velocità ridotta relativa ad una qualsiasi zona, può infine aggiungere nuove zone in qualsiasi posizione lungo il nastro.

3-4 - Segnalazione e protocollamento dei guasti

Guasti di tipo elettrico, meccanico ed idraulico sono registrati su protocollo con l'istante di apparizione e di scomparsa.

Questa funzione viene realizzata mediante lo scrutamento ciclico dello stato di un certo numero di contatti nell'impianto; la registrazione prevede la stampa su protocollo del tipo di guasto, del luogo dove si verifica ed eventualmente di un testo. Per lo scrutamento ciclico e per l'individuazione delle variazioni di stato dei contatti viene utilizzata l'unità di entrata digitale DP 1005, e per la stampa dei protocolli l'unità di distribuzione uscite DP 1007 e l'unità di comando per la macchina da scrivere DP 1008. Un certo numero di segnalazioni codificate possono essere trasmesse dall'operatore dal pulpito di comando.

Si hanno infine altre segnalazioni ausiliarie:

— il programma di laminazione selezionato dall'operatore non è presente nella memoria;

— passaggio al funzionamento manuale (viene registrato l'istante dell'intervento, il numero del programma in corso, il numero della passata, il senso in cui i set points sono stati modificati manualmente);

— gli istanti di inizio e fine laminazione.

Su richiesta dell'operatore può venire stampato un elenco dei programmi di laminazione presenti in memoria, e possono venire stampati i set points di uno di tali programmi. Ad esempio nel protocollo riportato in figura 13 si ha la segnalazione che il programma 405 non è presente in memoria, si ha la stampa dei set points del programma di laminazione 034, si ha la segnalazione dell'apparizione e della scomparsa del guasto meccanico 412, si ha un elenco dei programmi presenti in memoria ed infine si hanno altre segnalazioni di guasti elettrici ed una segnalazione codificata dal pulpito di comando.

4 - Prospettive future

Nell'impianto descritto numerose funzioni, come ad esempio la regolazione dei set-points o la frenatura a fine rotolo, continuano ad essere effettuate per via analogica o digitale senza utilizzare l'elaboratore: le apparecchiature relative sono state messe a punto da lungo tempo e sono molto affidabili.

La tendenza, come si è visto, è tuttavia la graduale sostituzione di tali unità con programmi per l'elaboratore: i programmi, una volta messi a punto, presentano il grande vantaggio di incidere molto poco sui costi di impianto e di ridurre il numero dei componenti soggetti a guasti. Si ripresenta piuttosto, ed in forma più grave rispetto al caso dell'hardware a causa della molteplicità di computers e di linguaggi di programmazione disponibili, il problema della standardizzazione: i programmi devono per quanto possibile essere costruiti come

```
13. 04. 69
10.05    PROGR   LAMIN        405  NON EN MEMOIRE
10.21    PROGR   LAMIN        034
         PASSES                 5
         LARGEUR               58
         TOL•/TOL-/DURETE     744
         1PBD/PROFIL           10
         EPAISSEUR            212
         COMP ALLIAGE          26
                               P1   P2   P3   P4   P5   P6   P7   P8   P9   P10
         VITESSE               05   50   60   70   90
         TRACTION B I         105  120  130  120  112
         TRACTION B II        110  125  135  125  115
         C MT/P AR/S ES/R TR 32I0 32I0 32I0 12II 11II
         EPAISSEUR            180
10.37    DEBUT DERANG MECA    412
10.51    FIN DERANG MECA      412
11.01    NO PROGR LAMIN EN MEMOIRE
         010  021  152  212  347
         078  021  245  467  321
         415  333  110  207  390
11.27    DEBUT DERANG ELEC    127
11.31    DEBUT DERANG ELEC    210
11.43    FIN DERANG ELEC      127
12.03    DEBUT MESSAGE 4
12.22    FIN MESSAGE   4
12.41    FIN DERANG ELEC      210
```

Fig. 13 - Esempio di protocollo.

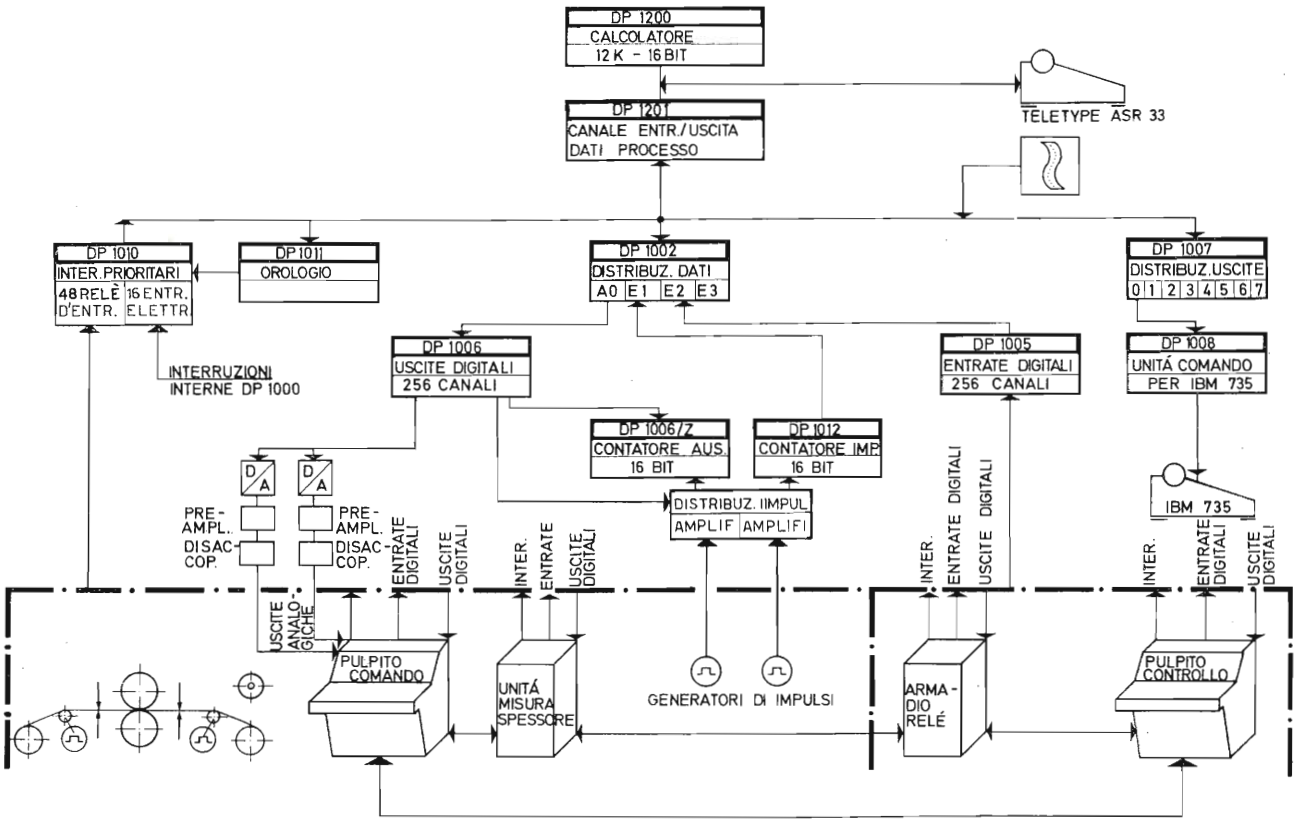


Fig. 14 - Automazione di un laminatoio di tipo Sendzimir: configurazione del sistema.

« packages » generali relativi alle diverse funzioni, facilmente adattabili alle particolari esigenze dei singoli impianti e facilmente trasferibile su elaboratori di tipo diverso.

Per quanto riguarda il comando sequenziale delle operazioni, il grado di automazione dal punto di vista dell'operatore può essere considerato soddisfacente: anzi si desidera lasciare un certo numero di interventi manuali per evitare di far funzionare l'impianto « alla cieca »; piuttosto per ragioni di sicurezza di funzionamento si tende ad affidare all'elaboratore sempre più compiti finora attribuiti ai relè o ai circuiti logici.

Il rallentamento automatico in corrispondenza dei difetti potrebbe essere completato da un dispositivo di rilevamento automatico delle zone contenenti difetti, qualora si disponesse di un sensore sufficientemente attendibile: comunque ciò non toglierebbe la necessità di una prima passata a velocità ridotta e non aumenterebbe quindi in modo sensibile il grado di automazione della funzione.

Per quanto riguarda la determinazione dei set points, come si è accennato, essi sono il risultato dell'esperienza fatta dall'esercente sugli impianti di laminazione: essi costituiscono dei valori medi per il tipo di materiale e per le condizioni dell'impianto, ed in generale non corrispondono alla situazione ottima di funzionamento in ogni passata. La determinazione di un modello matematico che leghi fra di loro i diversi set points ed opportuni indici di qualità del prodotto e dello stato dell'impianto darebbe la possibilità di stabilire durante una qualsiasi passata i set points della passata successiva che permettono di ottimizzare il processo di laminazione, e cioè di ridurre il numero complessivo delle passate, di aumentare la velocità media di laminazione, di aumentare la riduzione percentuale di spessore e di migliorare l'utilizzazione della potenza installata.

BIBLIOGRAFIA

[1] Z. WUSATOWSKI: *Fundamentals of Rolling*. Pergamon Press, 1969.

[2] INNOCENTI: *Laminatoio a freddo per nastri Innocenti-Sendzimir*. Prospetto.

[3] M. DROUOT: *Laminoirs reversibles a froid Sendzimir*. « La Technique Moderne », Gennaio 1968.

[4] J. G. WISTREICH: *Automation in The Iron and Steel Industry*. « Journal of The Iron and Steel Institute », giugno 1968.

[5] H. LAUTENSCHLÄGER: *Banddickenregelungen für Kaltwalzwerke*. « BBC-Nachrichten », 4, 1969.

[6] O. STEINBRECHER: *Decelerating and Stopping Equipment for Cold Rolling Reversing Mills*. « Control », Settembre 1968.

[7] S. FALCELLI: *Apparecchiature digitali per l'automazione di alcune funzioni per laminatoi a freddo*. « Rivista Marelli », 7, 1969.

[8] M. SINDZINGRE - P. VALENTIN - G. FREZON: *Conduite en guide operateur d'un laminoir quarto a toles fortes au moyen d'un calculateur*. « La Technique Moderne », Marzo 1969.

[9] C. E. TROTT Jr. - R. E. SLATER: *Computerizing a Cold Rolling Mill*. IEEE International Convention Record, Part. 13, 1967.

[10] J. S. DELIYANNIDES - A. H. GREEN: *Computer Program Organization for an Automatically Controlled Rolling Mill*. « Iron and Steel Eng. », 4, 1969.

ALIMENTATORI A TENSIONE RADDRIZZATA E FILTRATA

G. F. FIGINI - P. M. COLLA

Proseguendo nell'analisi degli alimentatori statici in corrente continua (vedasi fascicolo precedente) si considerano ora quelle apparecchiature atte a fornire tensioni raddrizzate a filtrate. A questo scopo vengono illustrati i vari tipi di filtro normalmente impiegati ed in particolare quelli a condensatore, ad induttanza, ad induttanza - capacità. Qualora poi si debbano ottenere riduzioni molto elevate nella percentuale della componente alternata (ripple) viene fornito uno schema costituito da celle in cascata fra loro.

6 - Generalità

Abbiamo visto nel paragrafo precedente ([1]) come la presenza di induttanza o di capacità sul carico modifichi il valore delle componenti alternate di tensione o di corrente; gli stessi elementi vengono pertanto aggiunti al carico quando si voglia ridurre i valori di ripple presenti sulle correnti assorbite dal carico.

Praticamente, all'impiego di induttanze o capacità, si realizzano dei filtri « passa basso » che lasciano passare la componente continua di tensione o di corrente, mentre ne attenuano i valori delle componenti alternate.

Esaminiano ora qui di seguito i tipi di filtri più comunemente impiegati.

6a - Filtri a condensatore

Abbiamo visto che, in caso di carico capacitivo, si ha una riduzione della componente alternata nella tensione, ed un aumento del valore medio della stessa, qualora la componente alternata di corrente che dovrebbe essere assorbita dal condensatore non possa effettivamente circolare, ovverossia quando la costante di tempo del circuito RC costituito dal condensatore e dalle resistenze del carico, sia elevata rispetto al periodo dell'armonica principale.

Per realizzare un efficace filtro a condensatore, è necessario che la costante di tempo del circuito sia in effetti abbastanza elevata, pari almeno ad una decina di periodi dell'armonica principale; questo tipo di filtro è pertanto conveniente solo in caso di alimentatori di piccola potenza, e quindi con resistenza di carico abbastanza elevata; in caso contrario si dovrebbero impiegare capacità molto alte (per realizzare le costanti di tempo di 10 ms occorrono 1 μF con $R = 1\,000$ ohm, 10 μF con $R = 100$ ohm, 1 000 μF con $R = 10$ ohm e così via).

Poichè un calcolo rigoroso del filtro a capacità non è molto agevole, indichiamo ora un criterio approssimativo largamente sufficiente per usi pratici. Consideriamo cioè le seguenti ipotesi semplificative:

a) che la curva di scarica del condensatore sia una retta anzichè una esponenziale;

b) che la durata del tempo di scarica sia uguale all'intero periodo dell'armonica principale;

c) che il condensatore inizi la scarica partendo dal valore di cresta della tensione alternata di alimentazione.

Ciò equivale in definitiva a sostituire alla curva reale della figura 12 *a*, la caratteristica a dente di sega della fig. 12 *b*.

Con le premesse di cui sopra, si ha:

$$C \cdot \Delta V = I \cdot t = \frac{V_c}{R} t$$

$$\frac{\Delta V}{V_c} = \frac{t}{RC}$$

ΔV rappresenta il valore picco a picco del ripple; il valore efficace del ripple stesso se lo assimiliamo ad un'onda sinusoidale, è pari a:

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{2{,}82}$$

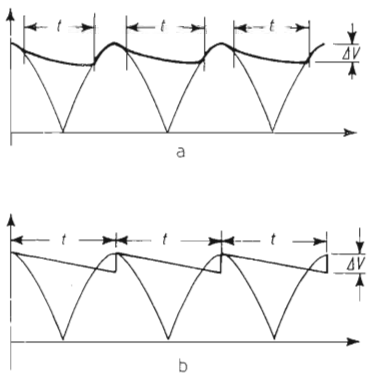


Fig. 12 - Raddrizzatore monofase a onda intera con filtro a capacità.
a – diagramma reale
b – diagramma semplificato a dente di sega

([1]) Vedasi Elettrificazione n. 11 - novembre 1970.

del valore suddetto; se lo assimiliamo ad un'onda triangolare è invece pari a:

$$\frac{1}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{3,46}$$

del valore stesso; possiamo pertanto considerare che il valore efficace del ripple sia pari a circa un terzo del valore picco a picco.

Se consideriamo il valore percentuale del ripple, abbiamo che:

$$r\% \simeq \frac{1}{3}\,\frac{\Delta V}{V}\cdot 100 = \frac{1}{3}\,\frac{100\,t}{RC}$$

$$r\% \simeq \frac{30\,t}{RC}$$

dove:

$t = 2$ ms per il raddrizzatore monofase semionda;

$t = 1$ ms per il raddrizzatore monofase onda intera;

$t = 0,66$ ms per il raddrizzatore trifase semionda;

$t = 0,33$ ms per il raddrizzatore trifase a ponte.

Naturalmente, se il valore di ripple che risulta dalla formula suddetta è superiore a quello proprio della tensione raddrizzata senza condensatore, ciò significa che il filtro è inefficace (cioè la componente alternata della corrente può circolare liberamente).

Per esempio, nel caso del raddrizzatore trifase semionda, in cui $t = 0,66$ ms e $r = 18$ %, il condensatore comincia ad essere efficace se $RC > 1,1$ ms; nel trifase a ponte in cui $t = 0,33$ ms e $r = 4$ %, il condensatore comincia ad essere efficace se $RC > 2,5$ ms.

Nel caso del monofase a semionda ($t = 2$ ms; $r = 121$ %) è invece sufficiente un $RC > 0,5$ ms per diminuire il ripple.

Per quanto riguarda il valore medio della tensione raddrizzata, esso risulterà uguale al valore di cresta della tensione alternata se $\Delta V = 0$ ($RC = \infty$: è il caso di alimentatore senza carico); negli altri casi sarà uguale a:

$$V_c = V_{aM} - \frac{\Delta V}{2} \cong V_{aM} - 1,5\,r$$

Notiamo subito che, nel caso di raddrizzatore monofasi a semionda o ad onda intera, l'aggiunta del filtro a condensatore comporta spesso un notevole aumento del valore medio della tensione; nel caso dei raddrizzatori trifasi invece l'aumento è meno sensibile in quanto il valore medio della tensione raddrizzata è già vicino al valore di cresta della tensione alternata.

Occorre inoltre tener presente che sia il valore del ripple che il valore medio della tensione variano, a parità di capacità inserita, al variare del carico, e quindi della R.

Praticamente, se noi calcoliamo ripple e valore medio della tensione per il pieno carico dell'alimentatore, quando questi funziona a vuoto la tensione sale al valore di cresta mentre il ripple scende a zero. La variazione del valore medio di tensione è proporzionale al ripple ($1,5\ r$), ed è pertanto accettabile per i valori di ripple bassi; non potrebbe invece essere tollerata per ripple elevati (quanto sopra evidentemente prescinde da eventuali cadute nel trasformatore di alimentazione).

Concludendo, questo tipo di filtro si presta in particolare per piccoli alimentatori con carico praticamente costante. In questi casi, con l'aggiunta di un modesto condensatore, si riesce facilmente a contenere il ripple entro valori accettabili.

Un caso particolare di applicazione di questo particolare tipo di filtro è rappresentato dal così detto « duplicatore di tensione » (fig. 13), che consiste praticamente in due raddrizzatori semionda di segno opposto, con filtro a condensatore alimentati dalla stessa linea, ed aventi pertanto il punto di zero in comune.

Ricordiamo infine che applicando filtri a capacità, specialmente se queste sono relativamente elevate, occorre tener presenti gli effetti che esse comportano nel dimensionamento dei diodi e del trasformatore di alimentazione, come abbiamo già accennato nella trattazione dei carichi capacitivi.

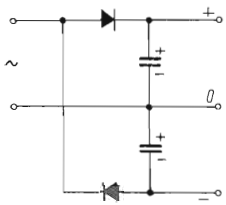


Fig. 13 - Duplicatore di tensione, realizzato con filtro a condensatore. Questo schema permette di ottenere da un'unica sorgente a c.a., due tensioni continue di segno opposto, purchè la costante di tempo costituita dal condensatore di filtro e dalla resistenza del carico sia sufficientemente elevata.

6b - Filtri a induttanza

La presenza di un'induttanza in serie al carico comporta una maggiore impedenza per le componenti alternate rispetto alla componente continua; pertanto la corrente circolante conterrà una minore percentuale di ripple rispetto alla tensione di alimentazione.

In definitiva la presenza dell'induttanza ha un effetto filtrante sulla corrente assorbita, e quindi anche sulla tensione a valle dell'induttanza stessa.

Come abbiamo indicato trattando dei carichi induttivi, il ripple risulta ridotto nel rapporto:

$$r' = r\,\frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

La figura 14 rappresenta i diagrammi di tensione a monte e a valle dell'induttanza; la componente continua non viene modificata, a meno dell'inevitabile caduta di tensione dovuta alla resistenza interna dell'induttanza stessa.

Notiamo che il filtro a induttanza è efficace solo se vi è la presenza del carico e dipende strettamente dalla resistenza dello stesso; è pertanto adatto per carichi la cui resistenza non subisca notevoli variazioni.

Occorre inoltre tener presente che, in caso di variazioni brusche di carico, si ha una variazione

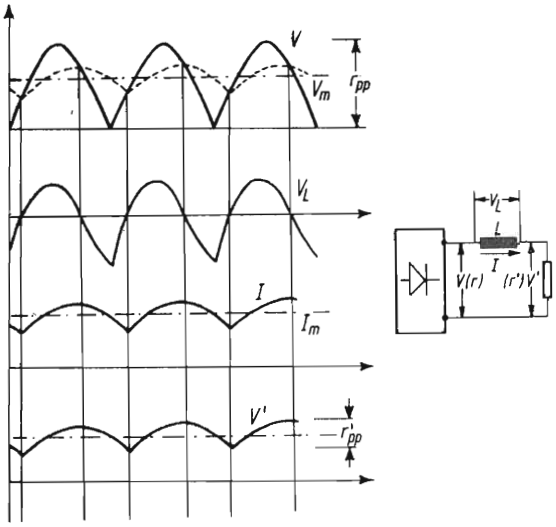


Fig. 14 - Raddrizzatore monofase a onda intera con filtro a induttanza.
L'induttanza non influisce sulla forma di onda della tensione erogata, mentre riduce il ripple della corrente assorbita dal carico e quindi anche della tensione V' ai suoi estremi.

transitoria di tensione proporzionale alla variazione di resistenza stessa:

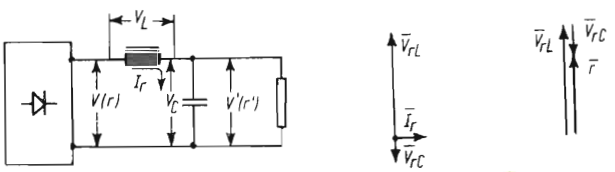
$$\Delta V = I \cdot \Delta R$$

e ciò perchè l'induttanza tende a mantenere costante il valore della corrente in circolazione.

6c - Filtri a induttanza e capacità

L'accoppiamento di induttanze e capacità permette di realizzare filtri idonei a circuiti di qualsivoglia potenze e con carico variabile entro ampi limiti.

Lo schema è quello indicato in figura 15; se consideriamo la circolazione della componente alternata della corrente nel circuito composto dall'induttanza e dalla capacità in serie, avremo che essa darà luogo a due tensioni — una sfasata in anticipo nell'induttanza, una sfasata in ritardo nella capacità — proporzionali alla rispettiva reattanza e che daranno come somma la componente alternata della tensione:



$$V_L = V_{rL}; \quad V_c = V' = V'_m + r = V'_m + V_{rc};$$

$$V = V + r; \qquad \bar{r} = \bar{V}_{rL} + \bar{V}_{rc}$$

Fig. 15 - Filtro costituito da induttanza e capacità.
In calce sono rappresentati i diagrammi vettoriali relativi alle componenti alternate sul condensatore e sull'induttanza, e le relazioni analitiche e vettoriali ad esse relative.
V_{rL} - tensione di ripple sull'induttanza
V_{rc} - tensione di ripple sul condensatore
V'_m - valore medio della tensione sul carico
r - ripple all'ingresso (valore efficace)
r' - ripple sul carico (valore efficace).

$$V_{rc} = I_r \cdot X_c = I_r \cdot \frac{1}{\omega C}$$

$$V_{rL} = I_r \cdot X_L = I_r \cdot \omega L$$

$$\overline{V_{rc}} + \overline{V_{rL}} = \bar{r}$$

Se consideriamo che V_{rc} e V_{ri} sono sfasati fra loro di 180° possiamo sostituire alla somma vettoriale una differenza algebrica:

$$r = V_{rL} - V_{rc}$$

Poichè inoltre il carico è collegato in parallelo alla capacità, si ha:

$$V_{rc} = r'$$

$$\frac{r}{V_{rc}} = \frac{V_{rL}}{V_{rc}} - 1$$

e cioè:

$$\frac{r}{r'} = \frac{\omega L}{\dfrac{1}{\omega C}} - 1$$

r/r' rappresenta il coefficiente di riduzione del ripple, che possiamo chiamare K; avremo quindi:

$$K = \omega^2 LC - 1$$

ed anche, per K abbastanza elevati:

$$K \cong \omega^2 LC$$

La formula di cui sopra dovrebbe essere naturalmente considerata per tutte le armoniche che compongono il ripple; è però quasi sempre sufficiente limitarne il calcolo all'armonica fondamentale, in quanto le altre, per la loro più elevata frequenza, risulteranno attenuate in misura maggiore.

Abbiamo inoltre trascurato l'effetto dell'impedenza del carico che risulta in parallelo al condensatore; in effetti la presenza del carico riduce l'impedenza totale a valle dell'induttanza, sia pur modificando l'angolo di sfasamento; risulterà pertanto superiore il coefficiente di riduzione delle armoniche.

Occorre invece sempre controllare che la corrente alternata assorbita dal gruppo induttanza-condensatore possa effettivamente circolare in ogni istante: e, come già abbiamo osservato prceedentemente, dato che il raddrizzatore non permette il passaggio in senso inverso della corrente, ciò è possibile solo se i valori istantanei della componente alternata sono sempre inferiori ai valori istantanei della corrente assorbita dal carico. In tal modo i valori istantanei della corrente erogata dal raddrizzatore risulteranno sempre positivi.

Poichè in questi casi possiamo supporre praticamente continua la corrente assorbita dal carico, possiamo anche dire che il valore di cresta della componente alternata deve essere inferiore al valore della componente continua. Avremo pertanto:

$$I_r = \frac{r}{\omega L - \omega C} \simeq \frac{r}{\omega L}$$

(essendo ωC normalmente molto pù piccolo di ωL)

$$I_c = \frac{V_c}{R}$$

La condizione che dobbiamo realizzare è:

$$\sqrt{2}\, I_r < I_c$$

e cioè:

$$\sqrt{2}\, \frac{r}{\omega L} < \frac{V_c}{R}$$

$$\sqrt{2}\, \frac{r}{V_c} \cdot \frac{1}{\omega L} < \frac{I}{R}$$

$$\sqrt{2} \cdot r\,\% \frac{1}{\omega L} < \frac{100}{R}$$

e in definitiva:

$$L > R\, \frac{\sqrt{2} \cdot r\,\%}{100 \cdot \omega}$$

Nel caso di raddrizzatore monofase a onda intera, avremo per esempio:

$$(\omega = 2.\pi.100 \quad r\,\% = 47\,\%)$$

$$L > R\, \frac{1{,}41 \cdot 47}{638 \cdot 100} = R\, \frac{66}{62800} = \frac{R}{950}$$

da cui deriva la regola pratica per cui, nel caso del raddrizzatore monofase a onda intera, l'induttanza in mH deve essere superiore alla resistenza del carico in ohm.

Naturalmente, se il carico è variabile, occorre considerare il valore della resistenza massima del carico; in qualche caso può essere opportuno inserire una resistenza zavorra, in parallelo al carico, che limiti entro valori accettabili le variazioni di resistenza totale del carico (tale resistenza si sceglie in genere fra 5 e 10 volte la resistenza minima del carico).

Se la condizione di cui sopra (detta anche di *conduzione continua*) viene rispettata, il valore medio della tensione continua non subisce variazioni rispetto al caso di raddrizzatore non filtrato; se invece detta condizione non viene rispettata, il condensatore non riesce a scaricarsi completamente e il valore medio della tensione raddrizzata aumenta, tendendo al valore di cresta della tensione alternata.

In base alle considerazioni suddette, risulterebbe conveniente realizzare filtri con induttanze relativamente elevate e capacità basse. Occorre però tenere presente, specialmente se il carico alimentato comprende dei semiconduttori, il valore delle variazioni transitorie di tensione che si vengono a verificare in corrispondenza a variazioni della corrente asorbita dal carico.

In effetti, se si ha una diminuzione ΔI nella corrente di carico, la diminuzione di energia nell'induttanza dà luogo ad un corrispondente aumento dell'energia nel condensatore, e quindi ad un aumento ΔV nella tensione sul condensatore stesso.

La variazione di energia nell'induttanza è:

$$\Delta E_L = LI\Delta I + \frac{1}{2} L \Delta I^2$$

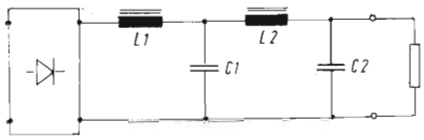


Fig. 16 - Filtro costituito da due celle *LC* in cascata fra loro.

La corrispondente variazione di energia nel condensatore è:

$$\Delta E_C = CV\Delta V + \frac{1}{2} C \Delta V^2$$

Trascurando il termine $1/2\ C\Delta V^2$, si ha:

$$V = -\frac{L}{C}\, \frac{I}{V}\, \Delta I$$

Pertanto normalmente si procede come segue:

— si calcola l'induttanza in funzione della resistenza massima del carico;

— si calcola la capacità occorrente per ottenere la desiderata riduzione nel tasso di armoniche;

— si controlla la variazione massima di tensione che corrisponde ai valori scelti, in funzione della massima variazione di carico; se questa è troppo elevata, occorre ridurla aumentando la capacità, ottenendo così contemporaneamente una ulteriore riduzione nel tasso di armoniche.

Generalmente i condensatori necessari per la realizzazione di filtri di questo tipo risultano di capacità molto elevata (alcune migliaia di microfarad). Possono essere impiegati condensatori polarizzati di tipo elettrolitico, ma occorre controllare che siano in grado di ammettere la forte componente alternata di corrente richiesta da questo tipo di impiego. Devono inoltre avere un'induttanza il più possibile ridotta. Molte volte risulta conveniente suddividere la capacità in diversi condensatori in parallelo fra loro, facendo però molta attenzione nel realizzare i collegamenti, che devono essere il più possibile brevi e di sezione idonea.

6d - Filtri in cascata

Qualora si debbano ottenere riduzioni molto elevate nella percentuale di ripple può essere conveniente ricorrere all'impiego di filtri in cascata, come per esempio quello indicato in figura 16, costituito appunto da due celle in cascata fra loro.

In linea di principio, il coefficiente di riduzione totale del ripple risulta dal prodotto dei coefficienti di riduzione delle singole celle in cascata; questo criterio prescinderebbe però dall'effetto che la corrente assorbita dalla seconda cella ha sulla prima. In effetti si fa in modo che la corrente assorbita dalla seconda cella (corrente di carico esclusa) sia piccola in relazione alla corrente assorbita dalla prima cella. Per un calcolo rigoroso occorre naturalmente disegnare il diagramma vettoriale completo delle varie correnti, non trascurando la corrente del carico.

PRODOTTO DA....

Questa rassegna — analogamente a quella dedicata alle correnti forti e pubblicata in un'altra parte del fascicolo — non ha anch'essa nessun carattere preferenziale e per le notizie pubblicate la Redazione non accetta alcun compenso. Preghiamo i lettori che desiderino maggiori ragguagli sui prodotti descritti di indicare su una cartolina postale la sigla preposta ad ogni titolo.

Pd 1 - Condensatori elettrolitici standard di lunga durata

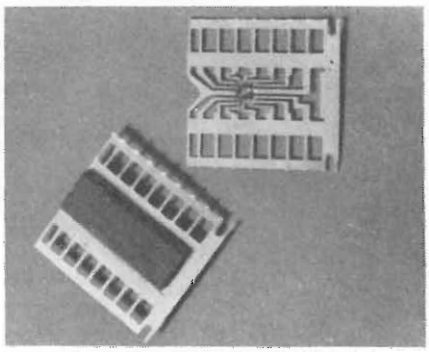
Le serie 106/107 della *PHILIPS* sono utilizzabili per applicazioni civili e militari per le quali sono richieste grandi valori di capacità e lunga durata. Sono particolarmente adatti per alimentatori di equipaggiamenti digitali, celle di immagazzinaggio di energia per sistemi ad impulsi e per i filtri delle apparecchiature di misura e di controllo.

I condensatori 106/107 hanno dei valori di resistenza e di induttanza estremamente bassi ottenuti mediante un processo di fabbricazione speciale che fa uso di più connessioni anodiche e catodiche. I condensatori offrono elevati prodotti CxV e sono estremamente robusti; possono sopportare rapide cariche e scariche mediante cortocircuito senza danneggiarsi. La loro capacità varia da 1 500 μF per 100 volt-lavoro fino a 150 000 μF per 6,3 volt-lavoro.

Pd 2 - Divisori di frequenza MTOS in plastica

La *GENERAL INSTRUMENT EUROPE* presenta un nuovo divisore di frequenza MTOS (Metal-Thick Oxide-Silicon) denominato *AY*-1-5050, incapsulato in plastica. Questo divisore di frequenza, a 7 stadi, consente divisioni in frequenza secondo tutte le potenze di 2, fino alla settima (27 = 128) ma la disposizione dei 7 stadi (3 + 2 + 1 + 1) consente una vasta flessibilità di uso. La frequenza di operazione è fra D.C. e 1 MHz.

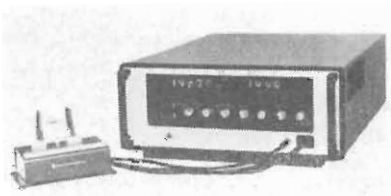
La principale caratteristica dell'*AY*-1-5050 è costituita dall'economicità del dispositivo derivato dal suo incapsulamento nel nuovo package in plastica Dual In Line a 14 terminali. Questo package fa uso di nuovi materiali plastici solo ora disponibili, e apre nuove prospettive nel campo dei contenitori. La caratterizzazione del nuovo package è stata portata a termine dopo severe prove di vita sia a temperatura ambiente che a temperatura elevata. Importanza preminente hanno inoltre assunto le prove riguardanti le tensioni di threshold e le correnti di dispersione agli ingressi. La stabilità di questi ultimi parametri ha dimostrato la bontà del nuovo sistema di incapsulamento. Il divisore di frequenza *AY*-1-5050 è stato progettato soprattutto per applicazioni negli organi e negli orologi elettronici ed in tutti quegli strumenti aventi un oscillatore a quarzo quale riferimento di frequenza.



Il nuovo divisore di frequenza AY-1-5050 a 7 stadi, progettato secondo la tecnologia MTOS, del Centro Tecnologico di Giugliano della General Instrument Europe.

Pd 3 - Nuovo ponte automatico di capacità

Il ponte GR 1682 della *GENERAL RADIO COMPANY* è un ponte di capacità a 1MHz completamente automatico e programmabile dall'esterno con presentazione digitale della prova, sia per la capacità che per l'angolo di perdita. Esso è stato disegnato per prove rapide su componenti e applicazioni in sistemi automatici.



Il ponte per misure di capacità (0,001pF - 20,00nF) e conduttanza (0,01 micromho - 20,0 millimho) alla frequenza di 1MHz in quattro campi, con cinque terminali di prova ed ad una notevole velocità.

Il numero di prove che può fare è di 20/sec. per una variazione dei valori misurati di ± 10 %, che decresce a 6/sec. per una grande variazione tra i valori di seguito misurati.

La precisione è dello 0,1 % e decresce all'1% soltanto nella parte estrema del limite alto del campo di misura.

I comandi sul panello frontale permettono che la variazione del campo di misura avvenga manualmente ed automaticamente in tre modi di funzionamento:

1) Il modo ad *inseguimento*, che operando in bilanciamento continuo permette l'osservazione della variazione della capacità nel tempo,

2) il modo per *misure-variabili*, che permette misure a velocità costante ed opportunamente prefissata;

3) il modo per *misure singole* che permette di eseguire misure singole iniziate su comando a distanza oppure a mezzo di un pulsante posto sul pannello frontale.

Pd 4 - Resistenze a film metallico

Le resistenze a film metallico del tipo MR25 e MR30 *PHILIPS* coprono rispettivamente le gamme 4,99 ohm ÷ 100 kohm e 4,99 ohm ÷ 301 kohm. I valori intermedi corrispondono alla serie E24 per le resistenze al ± 2 % ed alla serie E96 per quelle all'1 %. Questi componenti che hanno un coefficiente di temperatura tipico di 60 parti per milione per ogni grado centigrado, sono utilizzabili da —55 a + 175 °C. Le resistenze MR25 ed MR30 sono quindi particolarmente convenienti per tutte quelle applicazioni in cui la stabilità della resistenza è fondamentale come ad esempio per le reti di reazione e per i circuiti di misura. Le massime potenze sono comunque sovradimensionate ed offrono le loro piene prestazioni anche alle condizioni limite. I reofori sopportano le condizioni di saldabilità e di robustezza specificate dalla norma DEF 5115/1. Le due serie sono anche rispettivamente in accordo con le specifiche MIL-R-22684B (RLO7S) e MIL-R-22684B (RL 20S).

Voci dall'Italia e dal Mondo

Il Datex utilizza il servizio Telex per la trasmissione dei dati

Come noto, il servizio Telex è analogo a quello telefonico in quanto consente, attraverso la selezione numerica dell'utente, di collegarsi istantaneamente con ognuno degli altri utenti della rete. A differenza del telefono, esso consente lo scambio di messaggi scritti, anzichè a voce, e il collegamento sin d'ora in teleselezione in campo europeo ed intercontinentale.

L'utilizzo del sistema Telex per la trasmissione dei dati è stato finora frenato da due ordini di problemi: la velocità di trasmissione (400 caratteri al minuto) ed il tipo di codice utilizzato che non consente controlli di parità.

Per ovviare a tali inconvenienti, l'Amministrazione italiana delle Poste e Telecomunicazioni ha in programma di integrare la rete Telex con collegamenti che consentano una più elevata velocità di trasmissione, fino a 1 100 caratteri al minuto, e l'utilizzo di codici di trasmissine suscettibili di inserimento di controlli di parità.

Tramite terminali telescriventi, costruiti dalla Olivetti e dalla Siemens, è stato dimostrato come l'utente Telex può passare automaticamente dalla trasmissione di normali messaggi telegrafici a 400 caratteri al minuto alla trasmissione dei dati a 1 100 caratteri utilizzando lo stesso posto Telex. Oltre ai collegamenti fra utenti italiani e utenti della RCA di New York via satellite, è stato realizzato un collegamento diretto con l'elaboratore 1108 del Centro Europeo Univac di Roma Eur. Il « computer », che può operare in time-sharing, realtime e batch processing, ha funzionato nel caso specifico come un comune utente Telex, ricevendo prima i caratteri di selezione e, successivamente, i dati da sottoporre a processo elaborativo ed ha rinviato istantaneamente allo abbonato richiedente i risultati delle elaborazioni.

Il nuovo servizio, denominato « Datex », è destinato a portare un notevole impulso alla trasmissione dei dati a distanza, data la flessibilità del sistema, la sua sicurezza e la economicità della tariffa Telex.

Un elaboratore conta gli americani

Il 1° aprile è scattata negli Stati Uniti l'operazione censimento. 205 milioni di residenti suddivisi in 62 milioni di abitazioni, hanno ricevuto l'apposito questionario di 68 domande distribuito da 250000 incaricati dell'Istituto di Statistica americano.

Da questa colossale operazione scaturiranno 4 miliardi di dati, da elaborare in tavole statistiche, le quali forniranno un profilo completo della popolazione americana.

Nel 1790, l'anno in cui venne effettuato il primo censimento, soltanto quattro milioni di persone furono intervistate e il questionario conteneva appena cinque domande, ma occorsero ben 18 mesi di lavoro manuale per selezionare e raggruppare tutti i dati.

Nel censimento del 1950 la registrazione dei dati. riguardanti le 47 domande poste a 150 milioni di persone fu eseguito con macchine a schede perforate. Il tempo richiesto per l'elaborazione venne ridotto ad otto mesi. Oggi, con l'aiuto di computer UNIVAC della terza generazione, il « Bureau of Census » è in grado di raggiungere 205 milioni di persone, porre loro 68 domande ed ottenere i risultati statistici in soli 4 mesi.

Alla maggior parte delle domande indicate sul questionario, gli americani devono rispondere apponendo in matita dei punti neri negli spazi indicati I formulari vengono quindi immessi nel sistema elettronico, che provvede a fotografare, selezionare, registrare e conteggiare le risposte. Dopo il trasferimento su nastri magnetici, l'UNIVAC 1108 inizierà ad analizzare i punti magnetizzati ed a inviare i conseguenti impulsi nella sua « memoria ».

Questa memoria è simile ad un casellario: ciascuna casella riceve soltanto una determinata categoria di informazioni e ne aggiorna continuamente il totale. Tramite questa procedura, il computer costruisce man mano gruppi di dati omogenei, quindi esegue su di essi i calcoli statistici programmati che forniranno statistiche dettagliate della popolazione.

Per dare un'idea delle capacità del Sistema, basti dire che l'UNIVAC 1108 può compiere il lavoro di circa nove UNIVAC I, il primo computer per impiego commerciale realizzato per il « Bureau of Census » e consegnato nel 1951. La capacità totale dei quattro potenti elaboratori usati per il censimento di quest'anno (due UNIVAC 1108 e due UNIVAC 1107) è circa 30 volte superiore a quella dell'UNIVAC I, ovvero cinque volte la capacità del Sistema usato nel censimento del 1960.

Vacanze senza problemi con l'aiuto dei computers

La KLM, linee aeree olandesi e la System & Research N. V. (Nederland) del gruppo Leasco, hanno stipulato un accordo del valore di 750 milioni di lire per la progettazione di un sistema di prenotazione automatica dei viaggi turistici. Il progetto sarà realizzato dai tecnici della System & Research inglese. Essi lavoreranno con il personale della KLM e della IBM.

Il sistema TROPICS (Tour Operators Integrated Computer Sistem) sarà operativo per la stagione estiva 1972 e permetterà agli organizzatori di viaggi olandesi di prenotare, confermare ed elaborare gli itinerari delle vacanze in pochissimi secondi, includendo la prenotazione dei posti aerei, degli alberghi, delle automobili, delle guide e di eventuali escursioni in città.

Attualmente l'organizzatore di viaggi turistici acquista con molto anticipo sulla stagione, posti sugli aerei e prenota alberghi e servizi, combinandoli poi in molteplici soluzioni con le quali forma gli itinerari di vacanze ed i relativi depliants.

Le richieste dei clienti vengono decise dalla interpretazione delle cifre della stagione precedente, dal tasso di aumento degli affari e dall'esperienza passata.

Con il nuovo progetto, tali dati verranno immessi nel sistema TROPICS, sul quale lavoreranno « on line » gli organizzatori di viaggio.

Il soft-ware sarà utilizzato su di un sistema duplex IBM 360/50 già a disposizione della KLM. La compagnia olandese ha infatti portato a termine un sistema automatico di prenotazione dei posti aerei (Sistema CORDA) che è la versione modificata dello stesso sistema IBM-IPARS.

Centrale telefonica via satellite

Nei giorni scorsi è stata completata la messa a punto della centrale telefonica intercontinentale di Santiago del Cile.

In funzione dal mese di maggio, durante il quale sono entrati in servizio i collegamenti con Buenos Aires, Nuova York, Roma, Londra, Parigi Francoforte, questa centrale ha una capacità di 60 collegamenti contemporanei via satellite di tipo semiautomatico; cioè, in una conversazione l'intervento dell'operatrice viene richiesto soltanto all'atto della prenotazione, allorchè l'operatrice stessa provvede a chiamare in teleselezione l'utente indicatole ed a collegarlo direttamente all'abbonato chiamante.

Altri 30 collegamenti internazionali di tipo manuale (da operatrice ad operatrice) completano la capacità dell'apparato.

Le apparecchiature della nuova centrale di Santiago — che è del tipo crossbar Pentaconta — sono state sviluppate e fabbricate a Milano dalla FACE Standard mentre i lavori di installazione sono stati svolti da manodopera locale sotto la supervisione di tecnici italiani.

Possibile una TV plurilingue

Ad un simposio scientifico tenutosi a Johannesburg in occasione della rassegna internazionale Electra '70, un esponente della ITT Application Laboratories di Esslingen (Germania Federale) ha dichiarato che è attualmente in fase di approntamento, presso quel centro di studi, un sistema che consentirà di effettuare trasmissioni televisive in più lingue contemporaneamente.

Il sistema prevede una trasmissione video sintonizzata con diversi canali audio (fino a 12). Ciò consentirà ad esempio — ha detto lo studioso tedesco riferendosi in particolare ai problemi del paese che ospita la rassegna — che in Sud Africa si potranno effettuare trasmissioni televisive in Afrikaan, Inglese ed in diversi idiomi bantu. Il telespettatore potrà scegliere la trasmissione audio che preferisce azionando l'apposito commutatore di canale del suo apparecchio.

Calcolatore di processo per una acciaieria

A Brema la Klöckner-Werke sta costruendo uno dei più moderni ed imponenti impianti di laminazione del mondo che, a partire dal 1972, potrà trattare a caldo nastri fino ad oltre 2 m di larghezza. In un primo stadio di sviluppo, la sua capacità di produzione raggiungerà almeno 3 milioni di tonnellate di barre piatte all'anno. Tale capacità, che in un secondo tempo toccherà i 5 milioni di tonellate, è frutto dell'alto grado di automatizzazione adottato.

Un calcolatore di processo Siemens 306 guiderà infatti il funzionamento del treno, a partire dal controllo entro i forni a spinta del materiale da laminare, continuando attraverso il calcolo del piano di campionamento ed il comando del treno sbozzatore, fino ad assicurare la regolazione del processo del treno finitore composto da 7 gabbie. In un sistema ad effettivo controllo autoadattativo, vale a dire con adeguamento continuo alle espressioni del modello sulla scorta delle misure rilevate, il calcolatore può regolare lo spessore anche durante l'avanzamento del nastro. Inoltre assume il controllo della forma, determina la temperatura del nastro laminato tramite l'accelerazione ed il successivo tratto di raffreddamento e controlla l'impianto del tamburo di avvolgimento.

Anche i dispositivi per la regolazione e l'avviamento, nonchè gli elevatori dell'ansa sono di fornitura Siemens.

Questo è così — accanto ad un'altro ordine identico per il laminatoio della Hoesch — il secondo impianto di automatizzazione integrata di processo realizzato dalla Siemens per un treno di laminazione a nastri larghi completo.

Calcolatori di processo in cementifici italiani

Sono state concluse le trattative con la PRESA S.p.A. di Casale Monferrato e con l'UNICEM S.p.A. di Torino per la fornitura di calcolatori di processo Siemens 300 per il controllo di due nuove linee di produzione del cemento.

La prima realizzazione prevede un calcolatore Siemens 301 inserito on-line nei reparti di elaborazione delle materie prime e di omogeneizzazione della farina, e collegato con funzioni di data-logging al reparto di cottura.

Le analisi chimiche sono effettuate con uno spettrometro a raggi X MRS, connesso tramite un'opportuna interfaccia all'unità centrale.

Il software applicativo, ed in particolare quanto riguarda la preparazione delle miscele, sarà sviluppato secondo criteri del tutto originali da un gruppo di lavoro composto da personale del committente e Siemens.

La seconda è una fra le più avanzate realizzazioni di automazione integrata; il calcolatore, tramite una vastissima rete di convertitori analogici TELEPERM e di logiche digitali subordinate SIMATIC, eseguirà l'avviamento automatico, la stabilizzazione ed il controllo di tutti i reparti della linea, dal deposito materie prime ai silos di cemento. Il controllo dell'intero processo produttivo sarà effettuato da una sala di comando estremamente semplificata, in cui tutto il flusso di informazioni per il personale di servizio e per la gestione dell'impianto si svolgerà tramite telescriventi.

Solo per il controllo semiautomatico di emergenza sarà previsto un esiguo numero di strumenti convenzionali.

Con esse è salito a 10 il numero di calcolatori di processo che la Siemens ha fornito o ha in corso di fornitura a cementifici europei. Il primo di questi impianti è entrato in funzione nel 1966 nel cementificio Rohrdorf, in Baviera.

Importante commessa aggiudicata all'S.T.S.

L'S.T.S. Consorzio per Sistemi di Telecomunicazioni via Satelliti, costituito dalla Società Italiana Telecomunicazioni Siemens e dalla SIRTI — del Gruppo IRI-STET —, e dalla G.T.E., si è aggiudicata, giorni or sono, il contratto per la costruzione, installazione e messa in servizio della seconda antenna per telecomunicazioni via satelliti nella stazione terrena di Balcarce (Argentina).

Questo impianto, di nuova concezione, assicurerà il servizio con i satelliti della serie Intelsat III e Intelsat IV, stazionari sull'Atlantico; verrà inoltre ampliata la prima antenna — costruita dall'S.T.S. nel 1968-1969 — in modo da ottenere l'intercambiabilità delle due antenne.

Direttore Responsabile: **Luigi Rusconi** - Autorizzazione Tribunale di Milano N. 1990 - **Unione Tipografica - Via Pace, 19 - Milano**

ELETTRIFICAZIONE

RIVISTA GENERALE DELLE APPLICAZIONI DELL' ENERGIA ELETTRICA

Indice dell'annata 1970

— Gli articoli originali sono contraddistinti dal nome dell'autore in neretto.
— Le lettere poste dopo il titolo indicano:
(n) - Notizie da « Seguendo la cronaca »
(v) - Notizie da « Voci dall'Italia e dal Mondo »
(a) - « Apparecchiature, macchine, materiali »
(p) - « Prodotto da ... »
(c) - « Consulenza tecnica »
(l) - « In libreria » - Recensioni
— Il primo numero dopo il titolo indica il fascicolo, il secondo il numero di pagina
— La lettera E posta dopo il numero del fascicolo indica che l'articolo è stato pubblicato sul « Supplemento di Elettronica Industriale ».

Indice per autori

ARMANINI D. - Sistema di registrazione automatica nelle misure di temperatura ... 1 17
— Nota sulla misura di potenza nei circuiti trifasi ... 2 67
— Il generatore di Hall ... 3 137
— Le applicazioni dei generatori di Hall ... 4 184
— Nuovi materiali ceramici piezoelettrici e loro applicazioni 6 307
— Variazione alla Scala Pratica Internazionale di Temperatura ... 8 339
— Taratura e verifiche dei più comuni strumenti di misura 10 513
— Dispositivi di regolazione nei circuiti di misura ... 11 563
— La misura della frequenza di rete ... 12 634

ASHPOLE E. - La pila a combustione ... 1 E 47

BANDINI BUTI A. - Caratteristiche del nucleo atomico ... 1 E 49
— Il difetto di massa del nucleo ... 2 E 101
— L'energia di legame del nucleo ... 3 E 143

BEO BACHTER - Interruttori con relè idromagnetici ... 7 365
— Dallo spazio la soluzione di problemi che interessano l'umanità ... 9 E 493

BIANCHI S. - Sovratensione di origine atmosferica ed interna 5 231
— Le sovracorrenti per sovraccarichi e per corto circuiti ... 6 289
— Le correnti di corto circuito e le sollecitazioni elettrodinamiche nei conduttori ... 7 353

BORSANI M. - Trasformatori di distribuzione con avvolgimento a nastro ... 9 449

BRUNI S. - Illuminazione dei campi da tennis all'aperto ... 3 143

BUSCAGLIA L. - La definizione ed il senso di riferimento della tensione elettrica ... 5 225

CAPULZINI A.A. - Lesioni del sistema nervoso da corrente elettrica ... 4 203

CARREA F. - Il wattmetro elettrodinamico nelle misure di potenza in corrente alternata ... 1 7

CATTANIA A. - La fabbricazione e l'impiego dei circuiti integrati ... 6 E 331

COBBE B. - Un elaboratore per snellire il traffico ... 7 E 387

COLOMBO L. - Collaudo di accettazione per campione ... 7 344
— Campionamento per attributi e per numero medio di difetti 8 407
— Campionamento per variabili ... 9 471

COPPADORO F. - L'impedenza della sequenza zero dei trasformatori ... 2 73
— Funzionamento in parallelo dei trasformatori ... 12 620

COSTA R. - Un nuovo sistema di trasporto collettivo ... 2 82
— Il dissalamento dell'acqua di mare combinato con la produzione di energia elettrica ... 4 175
— Moderni interruttori pneumatici ad alta ed altissima tensione ... 8 393
— Moderni interruttori pneumatici ad alta ed altissima tensione ... 9 461

ELECTRON - La scintigrafia: scintillazione di radioisotopi .. 2 E 107
— La quindicina tecnica francese ... 3 147
— La Fiera di Hannover ... 4 201
— Elaboratori elettronici fra le nuvole ... 5 E 275
— Nuove tecniche di distribuzione - Impianti blindati in esafluoruro di zolfo per tensioni nominali da 72 a 525 KV 6 281
— Sottosistema per la gestione di grandi terminali ... 6 E 329
— Nuovo dispositivo contro le telefonate abusive in teleselezione ... 7 370
— Contatori di traffico e di passeggeri a circuiti integrati .. 7 E 389
— Sfruttamento ottimale delle acque ... 9 E 488

EUSEPI A. - Prove di sovracorrente su un dispositivo elettronico montato sulle sbarre collettrici ... 10 E 537

DOVER C. - Dragon: un reattore ad alta temperatura ... 9 E 483

FIGINI G. - Azionamenti a velocità variabile con convertitori a diodi controllati ... 2 E 97
— Caratteristiche salienti del motore a corrente continua per azionamenti a velocità variabile ... 3 E 161
— Schemi dei gruppi raddrizzatori semicontrollati ... 4 E 209
— Gruppi convertitori totalcontrollati, alimentatori di campo e circuiti di regolazione ... 5 E 265
— Azionamenti a coppia unidirezionale e reversibile ... 6 E 321
— Funzionamento dinamico degli azionamenti a velocità variabile a diodi controllati ... 7 E 382

FIGINI G. - COLLA P.M. - Alimentatori statici per circuiti a corrente continua ... 11 E 593
— Alimentatori a tensione raddrizzata e filtrata ... 12 E 658

FRANCESCHETTI G. - Che cosa è il magnetismo? ... 2 57
— Sviluppo di nuovi materiali magnetici ... 3 141

FRIGO G. - I micromotori: tipi e principi di funzionamento 9 455
GARDNER E.G. - GOZNA G.F. - Raddrizzatori a vapori di mercurio o tiristori? 5 237
GRIBBIN J. - Scoprire i segreti astrali con telescopi a raggi infrarossi 10 527
MANSFIELD C.F. - Nuovi orizzonti nelle telecomunicazioni e nel traffico aereo 5 E 277
MARK R. - Problemi economici nella generazione dei carichi di punta 3 113
MAZZETTI G. - Alcuni problemi elettrotecnici risolti con l'impiego del calcolo integrale 8 417
— Altri problemi di elettrotecnica risolti con l'impiego del calcolo integrale 9 467
MEDA F. - Il controllo e la simulazione dei rilevatori e trasduttori elettrici 4 169
MEDVED V. - Protezioni delle reti elettriche di trasporto e di distribuzione 6 302
— Protezioni delle reti a media tensione 7 349
— Protezione delle reti di distribuzione a bassa tensione 8 401
MICRON - Promettenti prospettive del motore stirling 1 1
— La centrale atomica operante nell'oceano delle tempeste 1 E 43
— Fiducia nell'energia nucleare 2 E 110
— Le caratteristiche salienti dei moderni turboalternatori di grande potenza 3 117
— Le caratteristiche salienti dei moderni turboalternatori di grande potenza 4 189
— Videotelefono con immagini fisse e fotocopie che costituiscono la normale corrispondenza 4 E 220
— Le caratteristiche salienti dei moderni turboalternatori di grande potenza 5 243
— La protezione degli interruttori aperti contro le sovratensioni di origine atmosferica 6 295
— Influenza dei collegamenti a corrente continua od alta tensione sulla stabilità delle reti trifasi 7 337
— La centrale maremotrice della Rance 9 441
— Il video registratore nell'industria 9 E 487
— 75 anni di esperienza nella costruzione del materiale elettrico 10 497
— Avvolgimenti con sbarre Roebel per grandi macchine sincrone 11 553
— L'automazione dei servizi aeroportuali 11 E 603
— Alternatori per centrali nucleari 12 609
— Caratteristiche degli alternatori ad alta frequenza 12 629
MORTIMER J. - Entra nella fase sperimentale il treno britannico a cuscini d'aria 10 529
MUSCH S. - Problemi nell'applicazione dei microinterruttori a scatto rapido 10 521
PAGANI G. - Determinazione della sezione dei conduttori delle linee aeree di bassa media tensione 3 124
— Il calcolo meccanico delle linee elettriche a media e bassa tensione 5 253
— Il calcolo meccanico delle linee elettriche a media e bassa tensione 6 311
— Tesatura meccanica degli elettrodotti 10 503
PIRAS G. - Introduzione dell'elaboratore nei sistemi di automazione per l'industria 8 E 430
— Automazione di un laminatoio reversibile a freddo mediante elaboratore 12 E 649
PRESTIGIACOMO E. - Protezioni selettive e richiusura rapida nell'esercizio delle reti magliate 2 61
— Protezioni selettive a richiusura rapida nell'esercizio delle reti magliate 3 129
— Protezioni selettive a richiusura rapida nell'esercizio delle reti magliate 4 196
PULMAN N. - Sorgenti di energia inserite nel corpo umano 10 511
RAGO G. - Glia alternatori a ferro rotante 11 573
RE V. - L'elettricità crea « comfort » 1 27
— Gli elaboratori elettronici al servizio delle piccole e medie aziende 3 E 164
— L'elaboratore condominiale 4 E 217
— Avanzate tecniche di progettazione per le macchine degli anni '70 7 E 377
— Condensatori al tantalio 8 413
— Direttamente dall'elaboratore al microfilm 8 E 425
— Ricerche avanzate per la realizzazione dei circuiti integrati 10 E 543
— Circuiti di binario a correnti codificate a ripetizione dei segnali nella cabina di guida 11 567
RIVA F. - La protezione delle linee di distribuzione a media tensione esercite in sistema radiale 1 31
SAVIANO A. - Isolamento delle bobine statoriche dei motori asincroni 11 585
SPIN - E' morto Max Born, premio Nobel '54 1 E 41
VIOLINI G. - Regolatori continui e trasmettitori modulari 10 524
VIOLINI G. - BRAUNING H. - Regolatori ad elevata versatilità operazionale 11 580
ZULIANI G. - Gli elettroforni di riduzione 1 22
— Elettroforni di affinazione 2 87

Indice per argomenti

IMPIANTI, OPERE, PRODUZIONE E TRASPORTO DELL'ENERGIA ELETTRICA

ARTICOLI

Problemi economici nella generazione dei carichi di punta - **Mark R.** 3 113
Al CESI un nuovo laboratorio per prove su materiali antideflagranti 3 116
Il dissalamento dell'acqua di mare combinato con la produzione di energia elettrica - **Costa R.** 4 175
Impianti blindati in esafluoruro di zolfo per tensioni da 72 a 525 KV - **Electron** 6 281
Il calcolo meccanico delle linee elettriche a media e bassa tensione - **Pagani G.** 6 311
L'esercizio dei turboalternatori di grande potenza 7 358
La centrale maremotrice della Rance - **Micron** 9 441
Grandioso progetto di approvvigionamento idrico ed elettrico 11 566
Alternatori per centrali nucleari - **Micron** 12 609

DALLE RUBRICHE

Veicolo per posa cavi aerei (a) 4 207
Turbine a gas da 32.000 KW per Budapest (n) 9 479
Incrostazioni di molluschi in una centrale elettrica (n) 9 479
La supervisione dei turboalternatori negli impianti nucleari (v) 10 E 551
Elettricità nell'agricoltura (c) 11 590
Il controllo dell'acqua utilizzata come refrigerante nelle centrali termiche (n) 11 592

IMPIANTI ELETTRICI

ARTICOLI

Allo studio nuovi cavi criogenici 1 13
Prontuario per la scelta delle pile e delle batterie 1 15
L'elettricità crea « comfort » - **Re V.** 1 27
La protezione delle linee di distribuzione a media tensione esercite in sistema radiale - **Riva F.** 1 31
Determinazione della sezione dei conduttori delle linee aeree di bassa e media tensione - **Pagani G.** 3 124
Sovratensioni di origine atmosferica ed interna - **Bianchi S.** 5 231
Il calcolo meccanico delle linee elettriche a media e bassa tensione - **Pagani G.** 5 253
Le sovracorrenti per sovraccarichi e per corto circuito - **Bianchi S.** 6 289
Influenza dei collegamenti a corrente continua od alta tensione sulla stabilità delle reti trifasi - **Micron** 7 337
Le correnti di corto circuito e le sollecitazioni elettrodinamiche nei conduttori - **Bianchi S.** 7 353
Tesatura meccanica degli elettrodotti - **Pagani G.** 10 503
Funzionamento in parallelo dei trasformatori - **Coppadoro F.** 12 620

DALLE RUBRICHE

Impiego dell'alta frequenza nei cantieri (c) 1 37
I « feeders » ed i « by-pass » (c) 1 38
Gli sfoghi per la condensa negli impianti stagni (c) 2 93
Vantaggi della corrente continua nei comandi automatici (c) 2 94
Giunti di dilatazione (c) 2 94
Utilizzazione del neutro dell'ente distributore (c) 2 94
Le condutture d'acqua quali dispersori di terra (c) 3 149
Tipi di spadenti (c) 4 206
Valore minimo della resistenza di terra (c) 5 261
Serrafili e capicorda bimetallici per cavi e linee aeree (a) 5 268
Norme sugli impianti industriali (c) 6 318
Prese multiple di sicurezza (c) 7 373
Sbarre colletrici raffreddate ad acqua (a) 8 422
Messa a terra del neutro dei trasformatori (c) 8 421
Norme per le prese a spina (c) 8 421
Prese di terra di cabina (c) 11 590
Nuove scatole di distribuzione con coperchi trasparenti (a) 11 591
Controllo degli impianti tecnici di complessi civili (v) 11 608
Messa a terra degli elettrodomestici (c) 12 645
Impianti antifurto (c) 12 645

MACCHINE ELETTRICHE, COSTRUZIONI MECCANICHE ED ELETTROMECCANICHE

ARTICOLI

Promettenti prospettive del motore stirling - **Micron** 1 1
L'impedenza alla sequenza zero dei trasformatori - **Coppodoro F.** 2 73
Le caratteristiche salienti dei moderni turboalternatori da grande potenza - **Micron** 3 117
Le caratteristiche salienti dei moderni turboalternatori di grande potenza - **Micron** 4 189
Le caratteristiche salienti dei moderni turboalternatori di grande potenza - **Micron** 5 243
Trasformatori di distribuzione con avvolgimento a nastro - **Borsani M.** 9 449
I micromotori: tipi e principi di funzionamento - **Frigo G.** 9 455
Avvolgimenti con sbarre Roebel per grandi macchine sincrone - **Micron** 11 553
Gli alternatori a ferro rotante - **Rago G.** 11 573
Caratteristiche degli alternatori ad alta frequenza - **Micron** 12 629

DALLE RUBRICHE

Valutazione degli assorbimenti delle macchine operatrici (c) 1 37
Alimentazione dei forni ad arco (c) 1 38
Un nuovo modello di motore trifase (a) 1 39
Nuovo sistema di bloccaggio fra rotore ed albero nei piccoli motore (a) 3 151
Ascensori oleodinamici (c) 6 318
Un interruttore automatico (a) 6 319
Autotransformer controller (a) 8 422
Traliccio di lega leggera per riflettore radar. (a) 8 422
Tensione incostante (c) 8 421
Scelta di un trasformatore (c) 8 421
Avviamento di un motore asincrono (c) 9 476
Consumo annuo di un trasformatore (c) 9 476
Variazione delle caratteristiche di un trasformatore (c) 9 476
Piccoli trasformatori di saldatura ad arco per uso semi-industriale 9 480
Resistenza di campo di una dinamo (c) 10 532
Azionamenti industriali (c) 10 532
Dimezzare la tensione di un trasformatore (c) 11 590
Un nuovo tipo di saldatura degli indotti dei motori (a) 11 591

MISURE ELETTRICHE

ARTICOLI

Il wattmetro elettrodinamico nelle misure di potenza in corrente alternata - **Carrea F.** 1 7
Sistema di registrazione automatica nelle misure di temperatura - **Armanini D.** 1 17
Nota sulla misura di potenza nei circuiti trifase - **Armanini D.** 2 67
Il generatore di Hall - **Armanini D.** 3 137
Il controllo e la simulazione per rilevatori e trasduttori elettrici - **Meda F.** 4 169
Le applicazioni dei generatori di Hall - **Armanini D.** 4 184
Collaudo di accettazione per campione - **Colombo L.** 7 344
Variazione alla Scala Pratica Internazionale di Temperatura - **Armanini D.** 8 339
Campionamento per attributi e per numero medio di difetti - **Colombo L.** 8 407
Campionamento per variabili - **Colombo L.** 9 471
Dispositivi di regolazione nei circuiti di misura - **Armanini D.** 11 563
La misura della frequenza di rete - **Armanini D.** 12 635

DALLE RUBRICHE

Oscillografo a getto d'inchiostro con dodici canali di misura (p) 2 E 111
Un registratore potenziometrico per lavoratori e sale prove (a) 3 150
Metra-monitor mini-maxi (p) ..... 4 E 223
Dispositivo senza pre-taratura per misurare l'uscita di trasduttori (p) ..... 4 E 223
Nuovo tipo di frequenziometro per microonde (p) ..... 4 E 223
Misurazioni digitali per rilevamenti geofisici (n) 5 264
Rilevatore di metalli (p) ..... 5 E 279
Elettropinza per correnti alternate (a) 6 319
Analizzatore di frequenza con filtri a terzi di ottava (p) ..... 6 E 334
Nuovo sistema di verifica delle dimensioni di piccoli componenti (p) ..... 6 E 335
Voltmetro digitale con indicazione d'uscita a cinque decadi numeriche (p) ..... 6 E 335
Indicatori registratori potenziometrici elettronici (p) ..... 6 E 335
La misura delle perdite su nastri 7 348
Emettitori a generatori di Hall (a) 7 374
Flussometro elettromagnetico di elevata stabilità (a) 7 374
Termocoppia per controllo all'interno di forni e caldaie (a) .. 8 422
La nuova camera infrarossa scopre surriscaldamenti in impianti elettrici ad alta tensione (a) 8 422
Luxmetri professionali « Metrux » (p) ..... 8 E 439
Voltmetro numerico di elevata precisione (a) 9 477
Ponte automatico d'impedenza - serie (a) 9 477
Prova di resistenza: 3.500 colpi al minuto! (a) 9 477
Ponte di Thomson (a) 9 477
« Oy-Labko » strumento per la misura di umidità nei cereali (p) ..... 9 E 495
Nuovo analizzatore di circuiti logici (p) ..... 9 E 495
Sistema di alta affidabilità per la rilevazione rapida del Carbonio dell'acciaio liquido (n) 10 535
Un nuovo regolatore di temperatura elettronico (p) ..... 10 E 459
Super megaohmetro e picoamperometro (p) ..... 10 E 549
Un oscilloscopio ad elementi componibili (p) ..... 10 E 549
Precisione o imprecisione? (c) 11 590
Nuovo Picoreed Clare dual-in-line (a) 11 591
Radifluoroscopio di nuova costruzione (p) 11 608
Indicatore di temperatura portatile (a) 12 646
Sistemi elettroattivi (a) 12 646
Misura del fattore di perdita e della capacità (a) 12 646
Pirometro ottico a filamento scomparente (a) 12 646
Nuovo ponte automatico di capacità (p) ..... 12 E 662

DISPOSITIVI DI MANOVRA, PROTEZIONE, REGOLAZIONE, SEGNALAZIONE

ARTICOLI

Protezioni selettive e richiusura rapida nell'esercizio delle reti magliate - **Prestigiacomo E.** 2 62
Protezioni selettive a richiusura rapida nell'esercizio delle reti magliate - **Prestigiacomo E.** 3 129
Protezioni selettive a richiusura rapida nell'esercizio delle reti magliate - **Prestigiacomo E.** 4 196
La protezione degli interruttori aperti contro le sovratensioni di origine atmosferica - **Micron** 6 295
Protezioni delle reti elettriche di trasporti e di distribuzione - **Medved V.** 6 302
Nuovi materiali ceramici piezoelettrici e loro applicazioni - **Armanini D.** 6 307
Protezioni delle reti a media tensione - **Medved. V.** 7 349
Interruttori con relè idromagnetici - **Beo Bachtrr** 7 365
Moderni interruttori pneumatici ad alta ed altissima tensione - **Costa R.** 8 393
Protezioni delle reti di distribuzione a bassa tensione - **Medved V.** 8 401
Moderni interruttori pneumatici ad alta ed altissima tensione - **Costa R.** 9 461
75 anni di esperienza nella costruzione del materiale elettrico - **Micron** 10 497
Problemi nell'applicazione dei microinterruttori a scatto rapido - **Musch S.** 10 521
Speciale tecnologia nella progettazione e realizzazione di apparecchi a pressione 11 562

DALLE RUBRICHE

Regolatori elettronici di potenza (p) ..... 1 E 54
Un sistema digitale di teleoperazioni (p) ..... 1 E 54
Valvole od interruttori automatici? (c) 2 94
Registratore potenziometrico Xy-XT « Minigor » a dimensioni ridotte (a) 2 95
Relè differenziali e messa a terra (c) 3 149
Vari tipi di relè (a) 3 151
Termostati di precisione (p) ..... 3 E 167
Protezione differenziale (c) 4 206
Indicatore di umidità e temperatura (a) 5 262
Valvola di regolazione elettrobinaria (a) 5 263
Relè miniaturizzati per circuiti stampati (p) ..... 6 E 335
Mulot: trasduttori di movimenti rettilinei (a) 7 374
Nuovo condensatore a gas compresso per 1000 KV. (a) 8 422
Biellette per interruttori (c) 8 421
Applicazione in serie dei componenti ad alta tensione (n) . 9 480

Nuova serie pressostati (a) 10 531
Allarme per gas metano per uso domestico (a) 10 531
Alimentatori di potenza miniaturizzati a doppia uscita (a) .. 10 534
Dispositivo di allarme per variazioni di temperatura e grado di umidità (a) 10 534
Monitor per il controllo dell'inquinamento da fumi (p) ..... 10 E 550
Rivelatore di fumo per allarme preventivo contro gli incendi (n) 11 592
Resistenza a filo metallico (p) ..... 12 E 662

ILLUMINOTECNICA

ARTICOLI

Illuminazione dei campi da tennis all'aperto - **Bruni S.** 3 143

DALLE RUBRICHE

Oltre il visibile: una lampada che rivela le falsificazioni (a) 4 207
Autostrade di notte (n) 4 208
Fari allo jodio orientabili sulle nuove Alfa Romeo (n) 4 208
Nuova lampada alogena per autovettura (n) 7 376
Lampade per impieghi nella scienza e nella tecnica (n) 9 480
La più grande armatura illuminante per tubi fluorescenti (a) .. 10 533
Riflettore compatto all'infrarosso per il riscaldamento industriale 10 533
Giornale luminoso a tre colori (v) ..... 10 E 552
Lampade nelle officine (a) 11 591

MATERIALI

ARTICOLI

Sviluppo di nuovi materiali magnetici - **Franceschetti G.** 3 141
Adesivo cianoacrilico a rapido indurimento 6 288
Una gomma sintetica per vasti campi applicativi 8 404
Condensatori al tantalio - **Re V.** 8 413
Cavi in neoprene: in perfetta efficienza dopo 14 anni di servizio 9 448
Migliorata la crescita dei cristalli mediante una modifica del metodo Czochralski 11 584
Isolamento delle bobine statoriche dei motori asincroni - **Saviano A.** 11 585

DALLE RUBRICHE

Versatilità della schiuma poliuretanica (a) 1 39
Vasta gamma di isolanti presentata in Italia da produttori inglesi (a) 2 95
Materie plastiche crescono come cristalli (n) 3 152
Bombardamento atomico sul filo delle lame 6 294
Condensatori miniaturizzati a dielettrico solido (a) 6 319
Il « teflon » nel campo dei componenti elettronici 7 369
Guarnizioni in « Viton » per sistema di trasmissione automatica (a) 7 374
Materie plastiche rinforzate con fibra di vetro (n) 7 376
Un sigillante adesivo siliconico (a) 8 422
Tubi in gomma siliconica che si ritirano a caldo (p) ..... 8 E 439
Resine poliammida auto-estinguibile (a) 9 478
Magneti per motore corrente continua (a) 9 478
Terminali in gomma sintetica (a) 9 478
Batterie miniaturizzate al nickel-cadmio (v) ..... 9 E 496
Materiali piezoelettrici (a) 10 533
Sostanza anticorrosiva per protezione impianti di elettrodeposizione (a) 10 534
Le proprietà magnetiche di alcuni materiali possono essere influenzate dalla luce (n) 10 538
Nuovo procedimento che rende i magneti più potenti (n) 11 592
Cavi in neoprene (a) 12 646

ELETTROCHIMICA

ARTICOLI

Gli elettroforni di riduzione - **Zuliani G.** 1 22
La pila a combustione - **Ashpole E.** ..... 1 E 47
Elettroforni di affinazione - **Zuliani G.** 2 87
Sorgenti di energia inserite nel corpo umano - **Pullman N.** .. 10 511

DALLE RUBRICHE

Un accumulatore elettrico leggero (n) 1 40
Con un nuovo deionizzatore l'acqua di rubinetto per la manutenzione delle batterie (a) 3 150
I manicotti per la protezione dei circuiti elettrici (a) 3 151
Condensatori elettrolitici standard di lunga durata (p) ..... 12 E 662

TRASPORTI

ARTICOLI

Un nuovo sistema di trasporto collettivo - **Costa R.** 2 82
Un elaboratore per snellire il traffico - **Cobbe B.** ..... 7 E 387
Entra nella fase sperimentale il treno britannico a cuscini d'aria - **Mortimer J.** 10 529
Circuiti di binario a correnti codificate a ripetizione dei segnali nella cabina di guida - **Re V.** 11 567
L'automazione dei servizi aeroportuali - **Micron** 11 603
Gli impianti centrali operativi di Bologna 12 639

DALLE RUBRICHE

AT 2000: nuovo sistema di trasporto urbano continuo (a) .. 7 374
Tram azionati con l'incenerimento dei rifiuti (n) 7 376

TELECOMUNICAZIONI ED ALTA FREQUENZA

ARTICOLI

Nuovi orizzonti delle comunicazioni e nel traffico aereo-**Mansfield C.F.** ..... 5 E 277
Nuovo dispositivo contro le telefonate abusive in teleselezione - **Electron** 7 370
Contatori di traffico e di passeggeri a circuiti integrati - **Electron** ..... 7 E 389
Il video-registratore nell'industria - **Micron** ..... 9 E 487
Video telefono con immagini fisse e fotocopie che sostituiscono la normale corrispondenza - **Micron** ..... 4 E 221

DALLE RUBRICHE

Il laser nelle telecomunicazioni (c) 1 37
Stazione per telecomunicazioni via satellite da Hong Kong (v) 1 E 56
A che punto sono le centrali telefoniche elettroniche? (c) 2 93
Nuovo centralino telegrafico di piccole dimensioni (p) ..... 2 E 111
Il primo telescopio televisore del mondo (v) ..... 3 E 168
Nuovo sistema di segnalazione automatica di distanza fra i treni (a) 4 207
Orecchio gigante pronto a entrare in azione (v) ..... 4 E 224
Realizzazione nel campo della radioscopia televisiva in produzione di serie (p) ..... 5 E 279
Il nuovo servizio « Datex » per la trasmissione dei dati via Telex (v) ..... 5 E 280
Nuovi radar presentati a Londra (v) ..... 5 E 280
Assorbimento di microonde in un gas ionizzato (v) ..... 5 E 280
Sistemi di controllo per satelliti a stabilizzazione ottico-inerziale ..... 7 E 388
Nuovo sistema di videoregistrazione a cassette (p) ..... 8 E 439
Cavi microassiali (a) 9 477
Centro per ricerche sulle telecomunicazioni in Francia (n) .. 10 535
Centrale telefonica italiana sul Golfo Persico (n) 10 535
Novità nel campo dei dispositivi (p) ..... 10 E 549
Una linea per 10.000 colloqui telefonici (v) ..... 10 E 551
Il satellite « Azur » (v) ..... 11 E 608
Datex utilizza il servizio Telex per la trasmissione dei dati 12 E 662
Centrale telefonica via satellite (v) ..... 12 E 665
Possibile una TV plurilingue (v) ..... 12 E 665

ELETTRONICA INDUSTRIALE

ARTICOLI

Azionamenti a velocità variabile con convertitori a diodi controllati - **Figini G.** ..... 2 E 97
Un tubo a ioni di idrogeno 3 163
Gli elaboratori elettronici al servizio delle piccole e delle medie aziende - **Re V.** ..... 3 E 164
Schemi dei gruppi raddrizzatori semicontrollati - **Figini G.** .. 4 E 209
L'elaboratore condominiale - **Re V.** ..... 4 E 217

Installato dalla NASA un nuovo sistema di elaborazione dati 4 E 220
Raddrizzatori a vapori di mercurio o tiristori? - **Gardner G.E. Gozna G.F.** 5 237
Gruppi convertitori total controllati, alimentatori di campo e circuiti di regolazione - **Figini G.** 5 E 265
Elaboratori elettronici fra le nuvole - **Electron** 5 E 275
Azionamenti a copia unidirezionale e reversibile - **Figini G.** 6 E 321
Sotto sistema per la gestione di grandi terminali - **Electron** 6 E 329
La fabbricazione e l'impiego dei circuiti integrati - **Cattania A.** 6 E 331
Avanzate tecniche di progettazione per le macchine degli anni '70 - **Re V.** 7 E 377
Funzionamento dinamico degli azionamenti a velocità variabile a diodi controllati - **Figini G.** 7 E 382
Direttamente dall'elaboratore al microfilm - **Re V.** 8 E 425
Introduzione dell'elaboratore nei sistemi di automazione per l'industria - **Piras G.** 8 E 430
Unità a pellicola per l'immisione ed emissione di dati 9 E 481
Costruzioni a prova di terremoto con il calcolatore elettronico 9 E 485
Time-sharing per il controllo numerico delle macchine utensili 9 E 486
Sfruttamento ottimale delle acque - **Electron** 9 E 489
Traduzione in voce umana dei messaggi in codice elaborati da un calcolatore 9 E 490
Guarisce, muore e resuscita il paziente elettronico 9 E 491
Sistema automatico accettazione passeggeri e gestione operazioni di scalo 9 E 494
Regolatori continui e trasmettitori modulari - **Violini G.** 10 524
Prove di sovracorrente su un dispositivo elettronico montato sulle sbarre collettrici - **Eusepi A.** 10 E 537
Ricerche avanzate per la realizzazione dei circuiti integrati - **Re V.** 10 E 543
In musica la legge di Ohm 10 E 547
Regolatori ad elevata versatilità operazione - **Brauning - Violini** 11 580
Alimentatori statici per circuiti a corrente continua - **Figini** e **Colla** 11 593
Automazione di un laminatoio reversibile a freddo mediante elaboratore - **Piras G.C.** 12 E 649
Alimentatori a tensione raddrizzata e filtrata - **Figini G.F.** 12 E 658

DALLE RUBRICHE

Nuova unità grafica a deflessione digitale 1 E 42
Nuova serie di prese per circuiti integrati (p) 1 E 54
Sistema elettronico di circuiti di commutazione (p) 1 E 54
Produzione dei circuiti stampati a 110 m² all'ora (p) 1 E 55
Sistema a schede per la tecnica dell'automazione (p) 1 E 55
Nuova memoria di massa (v) 1 E 56
Periscopi amplificatori di immagini per guidare i carri armati di notte 2 60
Un banco di dati per filosofi 2 E 100
Nuove lampade miniatura « Solid State » a raggi infrarossi (p) 2 E 111
Un'industria in crescente sviluppo: micromoduli microschede e microeditori (v) 2 E 112
Le informazioni fornite da un calcolatore rese visibile all'utente attraverso il telefono (v) 2 E 112
Programma per macchine a controllo numerico (v) 2 E 112
In aumento la lavorazione di parti metalliche con processi fotochimici (n) 3 152
Componenti logici insensibili ai disturbi (p) 3 E 167
Nuova calcolatrice da tavolo (p) 4 E 223
Un elaboratore per la progettazione dei circuiti integrati (v) 4 E 224
Impiego di ultrasuoni per saldatura di sostanze plastiche a metalli (a) 5 262
Invertitori statici di frequenza (a) 5 262
Come rivelare il messaggio nascosto 5 E 276
Sistema di controllo numerico perfezionato per macchine utensili (p) 5 E 279
Tubi catodici per indicatori di calcolatori (v) 5 E 280
Un circuito stampato fatto in casa 6 E 330
Nuove cascate di raddrizzatori al selenio per la televisione a colori (p) 6 E 334
Radiologia industriale (p) 6 E 334
Amplificatore di immagine con amplificazione luminosa di 50000 volte (p) 6 E 335
Simulata una rete ferroviaria con i moduli logici (v) 6 E 336
Calcolatrice elettronica lavora per ciechi (v) 6 E 336
Contatore direzionale con notevole velocità di funzionamento (p) 7 E 391
Microbilancia elettronica per pesatura rapida (p) 7 E 391
Nuovo computer della IME per calcoli degli anni '70 (p) 7 E 391
Barriera elettronica di sicurezza per aree gassose (p) 7 E 391
Mini-computer sul banco di vendita; (v) 7 E 392
Nuovo processo per incapsulare i circuiti integrati MOS 8 E 249
Vasta gamma di tiristori (p) 9 E 495
Introdotto in Europa il più complesso sistema C.A.D. (computer Aided Design) (v) 10 E 551
Microrettificatore ad alta tensione (p) 11 E 606
La bilancia elettronica a circuiti integrati (p) 11 E 606
Il calcolatore in tipografia per la composizione dei testi (p) 11 E 608
Divisori di frequenza MTOS in plastica (p) 12 E 662
Calcolatori di processo in cementifici italiani (v) 12 E 665
Calcolatore di processo per una acciaieria (v) 12 E 665

ENERGIA NUCLEARE

ARTICOLI

La centrale atomica operante nell'Oceano delle tempeste - **Micron** 1 E 43
Caratteristiche del nucleo atomico - **Bandini Buti A.** 1 E 49
Il difetto di massa del nucleo - **Bandini Buti A.** 2 E 101
La scintigrafia: scintillazione di radioisotopi - **Electron** 2 E 107
Fiducia nell'energia nucleare - **Micron** 2 E 110
L'energia di legame del nucleo - **Bandini Buti A.** 3 E 143
Dragon: un reattore ad alta temperatura - **Dover C.** 9 E 483
Generatori nucleari sul fondo del Pacifico 9 E 492

DALLE RUBRICHE

Un nuovo generatore di neutroni 9 E 495
Che cosa sono i quanti di Planck (c) 4 206
Che differenza passa fra fusione e fissione nucleare? (c) 3 149

AUTOMAZIONE

ARTICOLI

Caratteristiche salienti del motore a corrente continua per azionamenti a velocità variabile - **Figini G.** 3 E 161

INSEGNAMENTO ISTITUITI, LABORATORI

ARTICOLI

Il controllo del funzionamento degli elettrodomestici 2 91
La definizione ed il senso di riferimento della tensione elettrica - **Buscaglia L.** 5 225

DALLE RUBRICHE

Problemi di sicurezza negli Istituti Professionali e Tecnici (n) 6 320
Il noto istituto Battelle si impianta anche in Italia (n) 9 479
Invece della lavagna uno schermo (p) 9 E 496
Imparare lingue con la televisione (v) 10 E 551
Sistema di addestramento audiovisivo (v) 10 E 551

MOSTRE E CONGRESSI

ARTICOLI

Novità americane nel settore dell'E.D.P. presenti al BIAS'70 9 E 488

DALLE RUBRICHE

Quindicina tecnica di Parigi (n) 1 40
L'Electrex '70 (n) 1 40
Congresso Internazionale « Nuovi Orientamenti nei rivestimenti anticorrosivi (n) 10 535

LEGISLAZIONE ED UNIFICAZIONI

DALLE RUBRICHE

Pratiche per aprire un cantiere (c) 5 261
Le norme ENPI (c) 5 261
Segni grafici per lampade (c) 6 318
Tabelle UNEL di recente pubblicazione (n) 9 479
Apparecchi elettrici a motore d'uso domestico (c) 11 590

CRONACA

ARTICOLI

E' morto Max Born, premio Nobel '54 - **Spin** ..... 1 E 41
Le previsioni dei futurologi per i prossimi sessant'anni 2 72
La quindicina tecnica francese - **Electron** 3 147
La fiera di Hannover - **Electron** 4 201
Il nuovo stabilimento della Westinghouse 9 454
U.S. Exibition alla BIAS '70 ..... 10 523
La Giornata Mondiale della Normazione 10 531
Nasce un nuovo gruppo per l'elaborazione di dati ..... 11 E 601

DALLE RUBRICHE

La FIAT nello sviluppo industriale italiano dal 1899 ad oggi 1 21
Nomine al vertice della Motorola Semiconductors in Europa (v) ..... 2 E 112
La prima mostra giapponese di elettronica ..... 3 E 166
Ricerche italiane su un progetto di reattori ad acqua in pressione (v) ..... 3 E 168
La Du Pont Italiana (n) 4 208
Simposio Internazionale sugli eleboratori di dati (v) ..... 4 E 224
Costituita a Londra la Ates Electronica Limited (v) ..... 4 E 224
L'assemblea generale dell'ANIE 8 406
Concorso per una monografia sulla « normazione » (n) 8 424
Convegno sul Microfilm (n) 8 424
Importante appalto per le ferrovie della Jugoslavia (n) 8 424
Assemblea degli azionisti della ATES Componenti Elettronici S.P.A (v) ..... 8 E 440
A un elaboratore elettronico il Compasso d'oro 1970 (v) .... 8 E 440
Borse di studio per fisica nucleare (v) ..... 9 E 496
Una nuova fabbrica di componenti Siemens in Portogallo (v) 9 E 496
In aumento l'esportazione di motori asincroni URSS (a) .. 10 533
Borse di studio Angelo della Riccia (n) 10 535
Premiati due scienziati dell'ITT (n) 10 535
Nuove responsabilità per la Friden Italiana (v) ..... 10 E 551
La Siemens Fabbrica componenti elettronici a Singapore (v) . 10 E 551
Un elaboratore conta gli Americani (v) ..... 12 E 665

VARIE

ARTICOLI

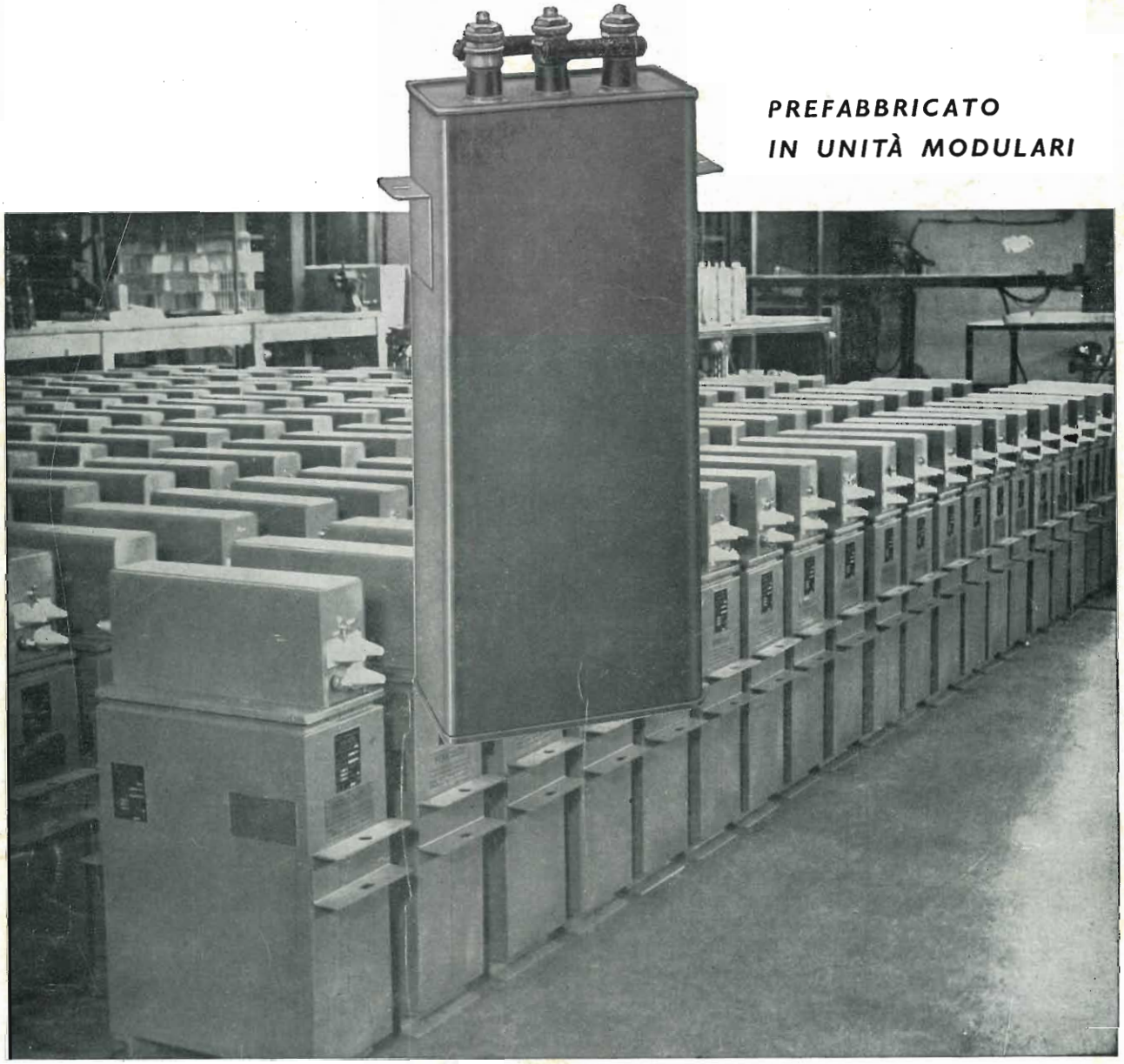
Che cosa è il magnetismo? - **Franceschetti G.** 2 57
Lesioni del sistema nervoso da corrente elettrica - **Capulzini A.A.** 4 203
Cinema e televisione per una ragionata divulgazione scientifica 5 258
Il grande cruccio che Edison non riuscì a dimenticare 5 259
Un nuovo sistema di sollevamento pesi ..... 6 E 328
Alcuni problemi elettrotecnici risolti con l'impiego del calcolo integrale - **Mazzetti G.** 8 417
Altri problemi di elettrotecnica risolti con l'impeigo del calcolo integrale 9 467
Dallo spazio la soluzione di problemi che interessano l'umanità - **Beo Bachter** ..... 9 E 493
Scoprire i segreti astrali con telescopi a raggi infrarossi - **Gribbin J.** 10 527

DALLE RUBRICHE

Un nuovo « sole » per i simulatori spaziali (a) 1 39
Influenza dei campi elettrici sui fenomeni di triboelettricita (n) 1 40
Gli scienziati britannici dimostrano la « levitazione magnetica » (v) ..... 1 E 56
Restauro di un ponte secolare con l'ausilio dei diamanti (n) 2 96
Estrazione di carbone con il « cannone d'acqua » (n) 2 96
Metodo gammametrico per il controllo continuo a caldo degli sbozzati di acciaio (n) 2 96
Mini-macchina da scrivere con quattro soli tasti (n) 2 96
Studiata l'origine della Luna mediante analisi dei raggi cosmici ..... 2 E 106
Misurazione del campo magnetico terrestre (n) 3 152
«Moonshaver » il rasoio degli astronauti (p) ..... 3 E 167
Saldatura nello spazio (v) ..... 3 E 168
La letteratura tecnica delle SGS all'avanguardia rapida nel mondo 4 188
Vale la pena iscriversi all'Albo degli Installatori? (c) 4 206
Energia solare in energia elettrica con alto rendimento (n) .. 4 208
Nuovo quadro di comando per treni (n) 4 208
Nuova macchina copiatrice (n) 5 264
Le applicazioni del motore Stirling ..... 5 E 274
Il magnetismo è influenzato dalla luce (n) 6 320
L'automazione contro lo smog (n) 6 320
Criogenia per l'Università di Catania (v) ..... 6 E 336
Un primato: nessun infortunio dopo 2.290.000 ore lavorative uomo (n) 7 376
Fra Terra e Mercurio (v) ..... 7 E 392
Per rigenerare l'ossigeno nelle navicelle spaziali (v) ..... 7 E 392
Glossario plurilingue sulla fisica del plasma (v) ..... 8 E 440
Il dipendente di una ditta può iscriversi al collegio dei periti? (c) 7 373
Con pallini o senza pallini? (c) 7 373
Anioni e Cationi (c) 7 373
L'ingegnere nell'ambiente in cui viviamo (n) 9 479
Record mondiale per una torre (n) 10 536
Raffreddamento a 0,7 °K per mezzo di movimento vorticoso in elio super fluido (p) ..... 10 E 549
Programmazione e intuizione: due elementi base nella ricerca scientifica nell'Unione Sovietica (v) ..... 10 E 549
Infortuni sul lavoro (n) 11 592
Novità nel mondo dei registratori di cassa (p) ..... 11 E 606
I relè e i sincro nell'era dell'elettronica (p) ..... 11 E 606
Un'opera originale: l'atlante atomico (v) ..... 11 E 608
Apparecchio maneggevole per la respirazione artificiale (n) . 12 648
Le più grandi macchine per cavi ad alta tensione (n) 12 648
La tecnica della Cyanamid messa a profitto per depurare le acque fangose del Mississipi (n) 12 648
Vacanza senza problemi con l'aiuto del computer (v) .... 12 E 665

CONDENSATORI
PER RIFASAMENTO INDUSTRIALE
BASSA TENSIONE

PREFABBRICATO
IN UNITÀ MODULARI



- La più vasta gamma di potenze, ottenibile mediante combinazione di elementi modulari.
- La migliore costanza nelle elevate caratteristiche tecniche di produzione.
- La più interessante soluzione economica per ogni utilizzatore.

VAr CO ELETTROTECNICA

ELETTROTECNICA VArCO s.r.l.

Direzione e Stabilimento: CASTELLEONE (Cremona) - Tel. 0374 55.33

c. a. p. 26012

Supertester 680 R / ATTENZIONE R come Record !!

II SERIE CON CIRCUITO RIBALTABILE!!

4 Brevetti Internazionali - Sensibilità 20.000 ohms x volt

STRUMENTO A NUCLEO MAGNETICO schermato contro i campi magnetici esterni!!! Tutti i circuiti Voltmetrici e amperometrici di questo nuovissimo modello 680 R montano **RESISTENZE A STRATO METALLICO** di altissima stabilità con la **PRECISIONE ECCEZIONALE DELLO 0,5%!!**

IN QUESTA NUOVA SERIE IL CIRCUITO STAMPATO PUÒ ESSERE RIBALTATO SENZA ALCUNA DISSALDATURA E CIÒ PER FACILITARE L'EVENTUALE SOSTITUZIONE DI QUALSIASI COMPONENTE!

Record di ampiezza del quadrante e minimo ingombro! (mm. 128x95x32)

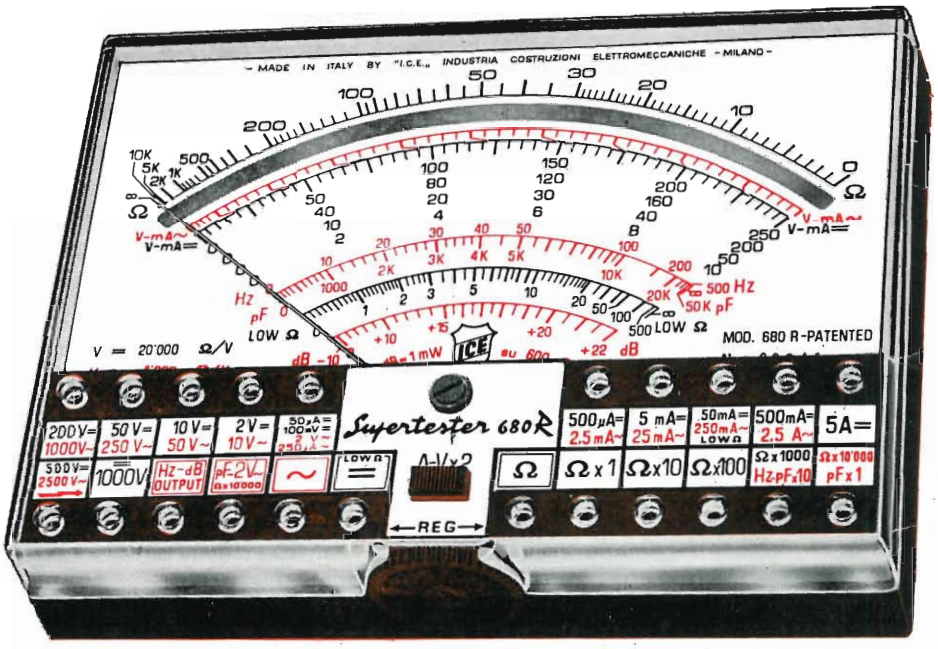
Record di precisione e stabilità di taratura! (1% in C.C. - 2% in C.A.!)

Record di semplicità, facilità di impiego e rapidità di lettura!

Record di robustezza, compattezza e leggerezza! (300 grammi)

Record di accessori supplementari e complementari! (vedi sotto)

Record di protezioni, prestazioni e numero di portate!



10 CAMPI DI MISURA E 80 PORTATE !!!

VOLTS C.A.: 11 **portate:** da 2 V. a 2500 V. massimi.
VOLTS C.C.: 13 **portate:** da 100 mV. a 2000 V.
AMP. C.C.: 12 **portate:** da 50 μA a 10 Amp.
AMP. C.A.: 10 **portate:** da 200 μA a 5 Amp.
OHMS: 6 **portate:** da 1 decimo di ohm a 100 Megaohms.
Rivelatore di REATTANZA: 1 **portata:** da 0 a 10 Megaohms.
CAPACITA': 6 **portate:** da 0 a 500 pF - da 0 a 0,5 μF e da 0 a 50.000 μF in quattro scale.
FREQUENZA: 2 **portate:** da 0 a 500 e da 0 a 5000 Hz.
V. USCITA: 9 **portate:** da 10 V. a 2500 V.
DECIBELS: 10 **portate:** da — 24 a + 70 dB.

Inoltre vi è la possibilità di estendere ancora maggiormente le prestazioni del **Supertester 680 R** con accessori appositamente progettati dalla I.C.E. Vedi illustrazioni e descrizioni più sotto riportate. Circuito elettrico con speciale **dispositivo per la compensazione degli errori dovuti agli sbalzi di temperatura.**

Speciale bobina mobile studiata per un pronto smorzamento dell'indice e quindi una rapida lettura. Limitatore statico che permette allo strumento indicatore ed al raddrizzatore a lui accoppiato, di poter sopportare sovraccarichi accidentali od erronei anche **mille** volte superiori alla portata scelta!!!

IL TESTER PER I TECNICI VERAMENTE ESIGENTI !!!

Strumento antiurto con speciali sospensioni elastiche. Fusibile, con cento ricambi, a protezione errate inserzioni di tensioni dirette sul circuito ohmetrico. Il marchio « I.C.E. » è garanzia di superiorità ed avanguardia assoluta ed indiscussa nella progettazione e costruzione degli analizzatori più completi e perfetti.

PREZZO SPECIALE propagandistico **L. 14.850** franco nostro stabilimento completo di puntali, pila e manuale d'istruzione. Per pagamenti all'ordine, od alla consegna, **omaggio del relativo astuccio** antiurto ed antimacchia in resinpelle speciale resistente a qualsiasi strappo o lacerazione. Detto astuccio da noi **BREVETTATO** permette di adoperare il tester con un'inclinazione di 45 gradi senza doverlo estrarre da esso, ed un suo doppio fondo non visibile, può contenere oltre ai puntali di dotazione, anche molti altri accessori. Colore normale di serie del **SUPERTESTER 680 R:** amaranto; a richiesta: grigio.

ACCESSORI SUPPLEMENTARI DA USARSI UNITAMENTE AI NOSTRI "SUPERTESTER 680"

PROVA TRANSISTORS E PROVA DIODI
Transtest
MOD. 662 I.C.E.
Esso può eseguire tutte le seguenti misure: Icbo (Ico) - Iebo (Ieo) - Iceo - Ices - Icer - Vce sat - Vbe hFE (β) per i TRANSISTORS e Vf - Ir per i diodi. Minimo peso: 250 gr. - Minimo ingombro: 128 x 85 x 30 mm. - **Prezzo L. 8.200** completo di astuccio - pila - puntali e manuale di istruzione.

VOLTMETRO ELETTRONICO con transistori a effetto di campo (FET) **MOD. I.C.E. 660.** Resistenza d'ingresso = 11 Mohm - Tensione C.C.: da 100 mV. a 1000 V. - Tensione picco-picco: da 2,5 V. a 1000 V. - Ohmetro: da 10 Kohm a 10000 Mohm - Impedenza d'ingresso P.P = 1,6 Mohm con circa 10 pF in parallelo - Puntale schermato con commutatore incorporato per le seguenti commutazioni: V-C.C.; V-picco-picco; Ohm. Circuito elettronico con doppio stadio differenziale. - **Prezzo netto propagandistico L. 14.850** completo di puntali - pila e manuale di istruzione.

TRASFORMATORE I.C.E. MOD. 616 per misure amperometriche in C.A. Misure eseguibili: 250 mA. - 1-5-25-50 e 100 Amp. C.A. - Dimensioni 60 x x 70 x 30 mm. - Peso 200 gr. **Prezzo netto L. 4.800** completo di astuccio e istruzioni.

AMPEROMETRO A TENAGLIA
Amperclamp

per misure amperometriche immediate in C.A. senza interrompere i circuiti da esaminare - 7 portate: 250 mA. - 2,5-10-25-100-250 e 500 Amp. C.A. - Peso: solo 290 grammi. Tascabile! - **Prezzo L. 9.400** completo di astuccio, istruzioni e riduttore a spina Mod. 29.

PUNTALE PER ALTE TENSIONI MOD. 18 I.C.E. (25000 V. C.C.)

Prezzo netto: L. 3.600

LUXMETRO MOD. 24 I.C.E. a due scale da 2 a 200 Lux e da 200 a 20.000 Lux. Ottimo pure come esposimetro!!

Prezzo netto: L. 4.800

SONDA PROVA TEMPERATURA istantanea a due scale: da — 50 a + 40 °C e da + 30 a + 200 °C

Prezzo netto: L. 8.200

SHUNTS SUPPLEMENTARI (100 mV.) **MOD. 32 I.C.E.** per portate amperometriche: 25-50 e 100 Amp. C.C.

Prezzo netto: L. 2.900 cad.

OGNI STRUMENTO I.C.E. È GARANTITO.
RICHIEDERE CATALOGHI GRATUITI A: I.C.E. **VIA RUTILIA, 19/18 20141 MILANO - TEL. 531.554/5/6**